



REEMPLAZA COMO NORMAS OFICIALES DE LA REPÚBLICA DE CHILE LAS NORMAS TÉCNICAS QUE INDICA Y DEJA SIN EFECTO DECRETOS EXENTOS QUE SEÑALA.

DECRETO EXENTO N° N° 78

SANTIAGO

HOY SE DECRETÓ LO QUE SIGUE

29 OCT 2025

VISTO:

1. La Ley N° 16.391, que crea el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo;
2. El artículo 4 del Decreto Ley N° 1.305, de 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que reestructura y regionaliza el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo;
3. El Decreto con Fuerza de Ley N° 458, de 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, cuyo texto aprueba la nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones;
4. Los Dictámenes N° 12.691, de fecha 20 de marzo de 2008, N° 46.363, de 1999, y N° 20.431, de 2000, todos de la Contraloría General de la República;
5. El Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio, de la Organización Mundial del Comercio, que forma parte de los resultados de la Ronda Uruguay de Negociaciones Comerciales Multilaterales, ratificados estos últimos por el Congreso chileno y promulgados mediante el decreto supremo N° 16, de 1995, del Ministerio de Relaciones Exteriores;
6. El Decreto Exento N° 845 (V. y U.), de fecha 22 de diciembre de 2008, que declara Normas Oficiales de la República de Chile las normas técnicas que indica, publicado en el Diario Oficial con fecha 29 de diciembre de 2008;
7. El Decreto Exento N° 258 (V. y U.), de fecha 19 de noviembre de 2015, que aprueba y declara Normas Oficiales de la República de Chile las normas técnicas que indica, publicado en el Diario Oficial con fecha 29 de diciembre de 2008;
8. La Resolución N° 36, de 2024, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón; y

CONSIDERANDO:

1. Que, el artículo 2° de la Ley N° 16.391, que crea el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, dispone que dicha Secretaría de Estado tendrá a su cargo la política habitacional y urbana del país y la coordinación de las instituciones que se relacionen con el Gobierno por su intermedio, y, que ejercerá, entre otras funciones, de acuerdo con el numeral 3° del citado artículo, la dictación de *"ordenanzas, reglamentos e instrucciones generales sobre urbanización de terrenos, construcción de viviendas, obras de equipamiento comunitario, desarrollo y planificación urbanos y cooperativas de viviendas"*;
2. Que, el artículo 4 del Decreto Ley N° 1.305, de 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que reestructura y regionaliza el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, establece en su inciso primero que *"Corresponderá al Ministerio formular y supervigilar las políticas nacionales en materia habitacional y urbanística y las normas técnicas para su cumplimiento, como asimismo la administración de los recursos que se le hayan entregado y la coordinación y evaluación metropolitana y regional en materia de vivienda y urbanismo"*;
3. Que, el Decreto con Fuerza de Ley N° 458, de 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, cuyo texto aprueba la nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones, en su artículo 2°, al definir los niveles de acción de la legislación de carácter general establecida por ella, señala como uno de ellos *"Las Normas Técnicas, que contienen y definen las características técnicas de los proyectos, materiales y sistemas de construcción y urbanización, de acuerdo con los requisitos de obligatoriedad que establece la Ordenanza General. Las normas técnicas"*



de aplicación obligatoria deberán publicarse en internet y mantenerse a disposición de cualquier interesado de forma gratuita”;

4. Que, adicionalmente, el inciso cuarto del artículo 3° del Decreto con Fuerza de Ley N° 458, de 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, cuyo texto aprueba la nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones, establece que al Ministerio de Vivienda y Urbanismo “Le corresponderá, también, aprobar por decreto supremo las Normas Técnicas que confeccionare el Instituto Nacional de Normalización y las normas sobre pavimentación”. Agrega el inciso final del referido artículo que “El decreto supremo mencionado en el inciso precedente se dictará por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, por orden del Presidente de la República”;

5. Que, de acuerdo con lo señalado, a través del Decreto Exento N° 845 (V. y U.), de fecha 22 de diciembre de 2008, publicado en el Diario Oficial con fecha 29 de diciembre de 2008, fueron declaradas Normas Oficiales de la República de Chile, por una parte, la norma NCh3137/2:2008 ISO 10077-2:2003 Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas - Cálculo de transmitancia térmica - Parte 2: Método numérico para marcos; y por la otra, la norma NCh3117:2008 Comportamiento térmico de edificios - Transmisión de calor por el terreno - Métodos de cálculo. Ambas normas técnicas serán reemplazadas por aquellas que se señalarán en este acto administrativo.

6. Que, asimismo, a través del Decreto Exento N° 258 (V. y U.), de fecha 19 de noviembre de 2015, publicado en el Diario Oficial con fecha 29 de diciembre de 2008, fueron declaradas Normas Oficiales de la República de Chile, por una parte, la norma NCh3308:2013 Ventilación - Calidad aceptable de aire interior - Requisitos; y por la otra, la norma NCh3309:2014 Ventilación - Calidad de aire interior aceptable en edificios residenciales de baja altura - Requisitos. Ambas normas técnicas serán reemplazadas por aquellas que se señalarán en este acto administrativo.

7. Que, finalmente, debe considerarse que, de acuerdo con los Dictámenes N° 12.691, de fecha 20 de marzo de 2008, N° 46.363, de 1999, y N° 20.431, de 2000, todos de la Contraloría General de la República, en relación con la Resolución N° 36, de 2024 del mismo origen, las materias objeto de este acto administrativo no están sujetas al trámite de toma de razón;

DECRETO:

1. Apruébanse y decláranse como Normas Oficiales de la República de Chile las que se indican a continuación, las que se adjuntan al presente decreto y que se entenderán formar parte integrante de este acto administrativo:

NCh3137/2:2018	Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas - Cálculo de la transmitancia térmica - Parte 2: Método numérico para marcos.
NCh3308:2024	Ventilación - Calidad aceptable de aire interior - Requisitos.
NCh3117:2018	Comportamiento térmico de edificios - Transmisión de calor por el terreno - Métodos de cálculo.
NCh3309:2022	Ventilación - Calidad de aire interior aceptable en edificios residenciales - Requisitos.

2. En virtud de la aprobación y declaración de normas oficiales dispuesta en este acto administrativo, déjanse sin efecto, la declaración como Normas Oficiales de la República de Chile realizadas mediante el Decreto Exento N° 845 (V. y U.), de fecha 22 de diciembre de 2008, publicado en el Diario Oficial con fecha 29 de diciembre de 2008 y que se indican a continuación: (i) la norma NCh3137/2:2008 ISO 10077-2:2003 Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas - Cálculo de transmitancia térmica - Parte 2: Método numérico para marcos; y (ii) la norma NCh3117:2008 Comportamiento térmico de edificios - Transmisión de calor por el terreno - Métodos de cálculo.

3. En virtud de la aprobación y declaración de normas oficiales dispuesta en este acto administrativo, déjanse sin efecto, la declaración como Normas Oficiales de la República de Chile realizadas mediante el Decreto Exento N° 258 (V. y U.), de fecha 19 de noviembre de 2015, publicado en el Diario Oficial con fecha 29 de diciembre de 2008 y que se indican a continuación: (i) la norma NCh3308:2013 Ventilación - Calidad aceptable de aire interior -



Requisitos; y (ii) la norma NCh3309:2014 Ventilación - Calidad de aire interior aceptable en edificios residenciales de baja altura - Requisitos.

4. Establécese que las normas técnicas identificadas en este acto administrativo entrarán en vigencia una vez transcurridos **seis meses** desde la fecha de su publicación en el Diario Oficial. El texto íntegro de las referidas normas técnicas será publicado en documentos del Instituto Nacional de Normalización.

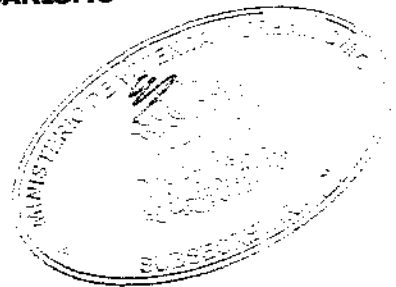
5. Establécese que el Instituto Nacional de Normalización deberá enviar tres ejemplares de la norma, debidamente certificada su conformidad con el texto oficial, a la Contraloría General de la República y además, proporcionar gratuitamente el mismo número de ejemplares al Ministerio de Vivienda y Urbanismo y a la Biblioteca Nacional.

Anótese, comuníquese y publíquese.

POR ORDEN DEL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA



CARLOS MONTES CISTERNAS
MINISTRO DE VIVIENDA Y URBANISMO



LO QUE TRANSCRIBO PARA SU CONOCIMIENTO

MSZ/SJD/PDC/LAE
MSZ/SJD/PDC/LAE

TRANSCRIBIR A:

- DIARIO OFICIAL
- GABINETE MINISTRO
- GABINETE SUBSECRETARÍA
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN
- DIVISIONES MINVU
- CONTRALORÍA INTERNA MINISTERIAL
- AUDITORÍA INTERNA MINISTERIAL
- DEPTO. TECNOLOGÍAS - DITEC
- OFICINA DE PARTES
- LEY 20.285 ART.7/G

CARLOS ARAYA SALAZAR
SUBSECRETARIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (S)

**Ventilación — Calidad de aire interior aceptable
en edificios residenciales — Requisitos**

Ventilation and acceptable indoor air quality in residential buildings

ICS 13.040.20; 91.040.01; 91.140.30



Número de referencia
NCh3309:2022
33 páginas

© INN 2022



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© INN 2022

Derechos de autor:

La presente Norma Chilena se encuentra protegida por derechos de autor o copyright, por lo cual, no puede ser reproducida o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin permiso escrito del INN. La publicación en Internet se encuentra prohibida y penada por la ley.

Se deja expresa constancia que en caso de adquirir algún documento en formato impreso, éste no puede ser copiado (fotocopia, digitalización o similares) en cualquier forma. Bajo ninguna circunstancia puede ser revendida. Asimismo, y sin perjuicio de lo indicado en el párrafo anterior, los documentos adquiridos en formato .pdf, tiene autorizada sólo una impresión por archivo, para uso personal del Cliente. El Cliente ha comprado una sola licencia de usuario para guardar este archivo en su computador personal. El uso compartido de estos archivos está prohibido, sea que se materialice a través de envíos o transferencias por correo electrónico, copia en CD, publicación en Intranet o Internet y similares.

Si tiene alguna dificultad en relación con las condiciones antes citadas, o si usted tiene alguna pregunta con respecto a los derechos de autor, por favor contacte la siguiente dirección:

Instituto Nacional de Normalización - INN

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago Downtown Torre 7, piso 18 • Santiago de Chile

Tel. + 56 2 2445 88 00

Correo Electrónico contacto@inn.cl

Sitio Web www.inn.cl

Publicado en Chile

Contenido

Página

Preámbulo	iv
1 Alcance y campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones	2
4 Ventilación de la unidad de vivienda	7
4.1 Tasa de ventilación	7
4.2 Tipo de sistema	10
4.3 Medición del flujo de aire	10
4.4 Control y operación.	11
4.5 Ventilación mecánica variable	11
4.6 Ventilación equivalente.	12
5 Extracción local	13
5.1 Extracción local mecánica	13
5.2 Extracción mecánica controlada por la demanda	13
5.3 Extracción mecánica continua	13
5.4 Medición del flujo de aire.	14
6 Otros requisitos	15
6.1 Espacios adyacentes y aire de transferencia	15
6.2 Instrucciones y etiquetado	16
6.3 Secadoras de ropa	16
6.4 Aparatos de combustión	16
6.5 Requisitos de hermeticidad	16
6.6 Área de abertura para ventilación	17
6.7 Filtración mínima	17
6.8 Entradas de aire	18
6.9 Alarmas de monóxido de carbono	18
7 Equipos de movimiento de aire	19
7.1 Selección e instalación	19
7.2 Clasificación del sonido para ventiladores	19
7.3 Conductos de extracción	20
7.4 Conductos de suministro	20
Anexos	
Anexo A (normativo) Edificios existentes	21
A.1 Resumen	21
A.2 Tasa de ventilación mecánica de las unidades de vivienda	21
A.3 Extracción local	21
A.3.1 Déficit inicial de flujo de aire en la habitación	21
A.3.2 Crédito de apertura de la ventana	21
A.3.3 Flujo de aire adicional necesario	22

A.4	Equipo de aire en movimiento	22
A.5	Sellado del aire de la unidad de vivienda	22
A.6	Control y funcionamiento de la ventilación de la unidad de vivienda	23
Anexo B (normativo) Exposición relativa		24
B.1	RESUMEN	24
B.1.1	Ventilación de destino	24
B.1.2	Intervalo de tiempo	24
B.1.3	Limitación de la exposición máxima	24
B.1.4	Volumen del espacio	24
B.2	Ventilación total variable en el tiempo	24
B.2.1	Ventilación mecánica	24
B.2.2	Infiltración	25
B.2.3	Combinación de Infiltración y Ventilación Mecánica	27
B.3	Cálculo de la exposición relativa	27
B.3.1	Ventilación diferente de cero	27
B.3.2	Ventilación igual a cero	28
B.3.3	Condiciones iniciales.....	28
Anexo C (informativo) Cálculo de tasas de infiltración para viviendas		29
C.1	Crédito de infiltración	29
C.1.1	Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf}) usando una prueba de fuga de envolvente de un solo punto	29
C.1.2	Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf}) usando una Envolvente Multipunto	30

Tablas

Tabla 1a – (I-P) Requisitos del aire de ventilación, cfm	8
Tabla 1b – (SI) Requisitos del aire de ventilación, L/s	8
Tabla 2 – Factor de filtración para filtros probados según ASHRAE 52.2.....	10
Tabla 3 – Factor de filtración para filtros probados según AHRI 680.....	11
Tabla 4 – Factor de filtración para filtros con una designación de eficiencia de PM2,5.....	11
Tabla 5 – Tasas de flujo de aire de escape de la ventilación local controlada por la demanda	14
Tabla 6 – Tasas de flujo de aire de escape de ventilación local continua	14
Tabla 7 – Tamaño prescriptivo de los conductos	14
Tabla 8 – Rangos de presión sonora, ventiladores	19
Tabla 9 – Rangos de presión sonora, extractores	19
Tabla B-1 – Multiplicador de la velocidad del viento, G	25
Tabla B-2 – Factor de protección, s	26
Tabla B-3a – (I-PI) Coeficiente del Viento, C_w	26
Tabla B-3b – (SI) Coeficiente del viento, C_w	26
Tabla B-4a – (I-P) Coeficiente de tiro, C_s	27
Tabla B-4b – (SI) Coeficiente de tiro, C_s	27

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico CL034/SC06 Comportamiento térmico y uso de la energía para definir las funciones y requisitos mínimos para sistemas de ventilación mecánica, natural y para la envolvente del edificio orientados a proveer una calidad de aire interior aceptable en edificios residenciales

Por no existir Norma Internacional esta norma está basada en ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2019 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Residential Buildings, siendo no equivalente a la misma por tener desviaciones técnicas.

Esta norma reemplazará a la norma NCh3309:2014 Ventilación - Calidad de aire interior aceptable en edificios residenciales de baja altura - Requisitos y la dejará no vigente técnicamente, una vez aprobada por el Consejo de INN.

Los Anexos A y B forman parte de la norma.

Los Anexos C y D no forman parte de la norma, se insertan solo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 23 de junio de 2022.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

Ventilación — Calidad de aire interior aceptable en edificios residenciales de baja altura — Requisitos

1 Alcance y campo de aplicación

Esta norma se aplica a las unidades de vivienda en ocupaciones residenciales en las que los ocupantes no son transitorios.

1.1 Esta norma considera los contaminantes químicos, físicos y biológicos que pueden afectar la calidad del aire. Los requisitos de confort térmico no están incluidos en esta norma.

Nota informativa: Ver Norma ANSI/ASHRAE 55-2017, Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana para conocer los requisitos de confort térmico.

1.2 Si bien la meta de esta norma es una CAI aceptable, no necesariamente se logrará, aunque se cumplan todos los requisitos

- a) por la diversidad de fuentes y contaminantes en el aire interior y el rango de susceptibilidad de la población;
- b) por los numerosos factores adicionales que pueden afectar la percepción y la aceptación de la CAI por parte de los ocupantes, como la temperatura del aire, la humedad, el ruido, la iluminación y el estrés psicológico;
- c) si el aire en el ambiente es inaceptable y este aire entra al edificio sin que lo hayan limpiado previamente (la limpieza del aire exterior del ambiente no es necesaria en esta norma);
- d) si el sistema o sistemas no los operan y mantienen como previsto; o
- e) cuando ocurren eventos de alta contaminación.

2 Referencias normativas

Los documentos siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

NCh3295, *Aislación térmica - Determinación de la permeabilidad del aire en edificios - Método de presurización por medio del ventilador.*

NCh3308, *Ventilación - Calidad aceptable de aire interior - Requisitos.*

AHRI Standard 680-2009, *Performance Rating of Residential Air Filter Equipment.* Air-Conditioning, Heating, and Refrigerating Institute, Arlington, VA.

ANSI/AMCA Standard 300-05, *Reverberant Room Method for Sound Testing of Fans.* American Air Movement and Control Association International, Inc., Arlington Heights, IL.

ANSI/ASHRAE Standard 51-1999/AMCA Standard 210-99, *Laboratory Methods of Testing Fans for Aerodynamic Performance Rating*. American Air Movement and Control Association International, Inc., Arlington Heights, IL.

ANSI/ASHRAE Standard 52.2-2007, *Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size*. ASHRAE, Atlanta, GA.

ANSI/ASTM E1554-07, *Standard Test Methods for Determining External Air Leakage of Air Distribution Systems by Fan Pressurization*. ASTM International, West Conshohocken, PA.

ANSI/ASTM E1827-07, *Standard Test Methods for Determining Airtightness of Buildings Using an Orifice Blower Door*, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASHRAE Guideline 24-2008, *Ventilation and Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings*. ASHRAE, Atlanta, GA.

California Energy Commission (2001), *California Title 24 Standards, ACM Manual, Appendix F, Sections 4.3.8.2.1 and 4.3.7.2*.

HVI 915-06, *Procedure for Loudness Rating of Residential Fan Products*. Home Ventilating Institute, Arlington Heights, IL.

HVI 916-09, *Air Flow Test Procedure*. Home Ventilating Institute, Arlington Heights, IL.

HVI 920-09, *Product Performance Certification Procedure Including Verification and Challenge*. Home Ventilating Institute, Arlington Heights, IL.

NFPA 54-2002/ANSI Z223.1-2002, *National Fuel Gas Code*. National Fire Protection Association and American Gas Association, Quincy, MA, and Washington, DC.

NFPA 31-2006, *Standard for the Installation of Oil-Burning Equipment*. National Fire Protection Association, Quincy, MA.

NFPA 211-2006, *Standard for Chimneys, Fireplaces, Vents, and Solid-Fuel Burning Appliances*. National Fire Protection Association, Quincy, MA.

NFPA 720-2009, *Standard for the Installation of Carbon Monoxide (CO) Detection and Warning Equipment*. National Fire Protection Association, Quincy, MA.

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1

calidad del aire interior (CAI), aceptable (IAQ, por sus siglas en inglés)

aire por el cual una mayoría substancial de ocupantes no expresa insatisfacción en relación al olor y a la irritación sensorial y en el cual es probable que no haya contaminantes en concentraciones que se sabe que representan un riesgo para la salud

3.2**cambios de aire por hora (ach, por sus siglas en inglés)**

flujo de aire en unidades de volumen por hora dividido por el volumen del espacio en el que se basa la tasa de cambio de aire en unidades idénticas (normalmente expresado en cambios de aire por hora [ach])

3.3**limpieza del aire**

el uso de equipos que eliminan del aire los contaminantes particulados, microbianos o gaseosos (incluidos los olores)

3.4**aire, extracción**

aire descargado desde cualquier espacio hacia el exterior por un sistema de extracción

3.5**material impermeable al aire**

un material con una permeabilidad al aire igual o inferior a 0,004 cfm/pies² a 75 Pa (0,02 L/s-m² a 75 Pa) de diferencia de presión, según las pruebas realizadas de acuerdo con las normas ASTM E2178 o ASTM E283

3.6**aire, interior**

aire en un espacio ocupable

3.7**aire, exterior**

aire del exterior del edificio que entra en un sistema de ventilación o aire del exterior del edificio que entra en un espacio a través de infiltraciones o aberturas de ventilación natural

3.8**aire, transferencia**

aire que se mueve de un espacio ocupable a otro, generalmente a través de puertas o rejillas

3.9**aire, ventilación**

aire exterior suministrado a un espacio destinado a diluir los contaminantes transportados por el aire

3.10**exposición anual**

la concentración integrada en el tiempo, durante un año, que se produciría para una intensidad constante de la fuente

3.11**control automático**

un control que funciona sin necesidad de intervención manual o remota del ocupante y que funciona en base a una o más variables o condiciones de entrada, incluyendo, entre otras, el tiempo, la humedad, la temperatura, la ocupación, el funcionamiento del aparato y la concentración de contaminantes

3.12

baño

cualquier habitación que contenga una bañera, una ducha, un spa o una fuente de humedad similar

3.13

espacio acondicionado

la parte de un edificio que puede llegar a ser térmicamente acondicionado para la comodidad de los ocupantes

3.14

contaminante

un componente del aire que puede reducir la aceptabilidad de dicho aire

3.15

unidad de vivienda

una sola unidad que proporciona instalaciones habitacionales completas e independientes para una o más personas, incluyendo provisiones permanentes para vivir, dormir, comer, cocinar y de saneamiento

3.16

barrera de aire de la unidad de vivienda

un material duradero e impermeable al aire o una combinación de dichos materiales que se instala en la envolvente de la unidad de vivienda y se sella continuamente para resistir el paso del aire a través de la envolvente de la unidad de vivienda

3.17

unidad de vivienda, adosada

una unidad de vivienda que comparte paredes, suelos, techos o pasillos comunes con otra unidad de vivienda o espacio ocupable

3.18

unidad de vivienda, adosada horizontalmente

una unidad de vivienda adosada que no comparte techos o suelos con otras unidades de vivienda, espacios ocupables, garajes públicos o espacios comerciales

3.19

tasa de infiltración promedio anual efectiva

la tasa de infiltración de aire constante que daría lugar a la misma concentración promedio de contaminantes interiores durante el período anual que realmente se produce en condiciones variables

3.20

superficie de la envolvente, unidad de vivienda

suma de las superficies de los techos, suelos y paredes que separan el espacio acondicionado de una unidad de vivienda del exterior y de los espacios interiores adyacentes

3.21

flujo de extracción, neto

flujo a través de un sistema de extracción menos el flujo de aire exterior compensado a través de cualquier sistema de suministro que esté enclavado al sistema de extracción

3.22 sistema de extracción

uno o más ventiladores que eliminan el aire del edificio, haciendo que el aire exterior ingrese por las entradas de ventilación o por las vías normales de fuga a través de la envolvente del edificio

3.23**superficie del piso**

todas las superficies terminadas, sobre y bajo el nivel del suelo, según lo definido en la norma ANSI Z765, excepto las superficies ocupables sin terminar bajo el nivel del suelo dentro de la barrera de presión, deben considerarse superficie del piso

3.24**espacio habitable**

espacio en un edificio destinado a la ocupación humana continua; dicho espacio generalmente incluye las áreas utilizadas para vivir, dormir, cenar y cocinar, pero no los baños, inodoros, pasillos, áreas de almacenamiento, armarios o cuartos de servicio

3.25**grado-día de calefacción**

la diferencia de temperatura entre la temperatura media exterior durante un período de 24 h y una temperatura base determinada de un espacio del edificio; es decir, para el grado-día de calefacción base de 65 °F (18 °C), para cualquier día, cuando la temperatura media es inferior a 65 °F (18 °C), hay tantos grados-días de calefacción como grados Fahrenheit (Celsius) de diferencia de temperatura entre la temperatura promedio del día y 65 °F (18 °C). Los grados-días de calefacción anuales son la suma de los grados-días de calefacción durante un año calendario

3.26**eventos altamente contaminantes**

eventos aislados y controlables por el ocupante que liberan contaminantes en cantidades excesivas. Las actividades típicas de cocina, baño y lavandería no se consideran eventos altamente contaminantes.

3.27**Infiltración**

fuga incontrolada de aire hacia el interior a través de grietas e intersticios en cualquier elemento del edificio y alrededor de las ventanas y puertas de un edificio

3.28**cocina**

cualquier habitación que contenga aparatos de cocina

3.29**cocina, cerrada**

una cocina cuyas aberturas permanentes que dan a los espacios interiores adyacentes no exceden un total de 6 m² (60 pies²)

3.30**refrigeración mecánica**

reducción de la temperatura de un fluido mediante el uso de la compresión de vapor, la absorción, la deshumidificación desecante combinada con la refrigeración evaporativa, u otros medios termodinámicos impulsados por la energía. La refrigeración evaporativa indirecta o directa por sí sola no se considera refrigeración mecánica

3.31**ventilación mecánica**

el proceso activo de suministro o extracción de aire de un espacio interior por medio de equipos motorizados, como ventiladores y soplores con motor, pero no mediante dispositivos como ventiladores de turbina accionados por viento y ventanas de accionamiento mecánico

3.32

ventilación mecánica, equilibrada

ventilación proporcionada en la que el flujo total del ventilador de suministro está dentro del 20% del flujo total del extractor y que es proporcionada simultáneamente

3.33

ventilación natural

la ventilación que se produce como resultado de fuerzas únicamente naturales, como la presión del viento o las diferencias de densidad del aire, a través de aperturas intencionadas como ventanas y puertas abiertas

3.34

no transitorio

ocupación de una unidad de vivienda o unidad de dormitorio durante más de 30 días

3.35

espacio ocupable

cualquier espacio cerrado dentro de la barrera de presión y destinado a actividades humanas, incluyendo, entre otros, a todos los espacios habitables, inodoros, armarios, vestíbulos, áreas de almacenamiento y servicios públicos y áreas de lavandería

3.36

barrera de presión

barrera del recinto de aire primario que separa el aire interior del exterior. Por ejemplo, un volumen que tiene más fugas hacia el exterior que hacia el espacio acondicionado se consideraría fuera de la barrera de presión. La tierra expuesta en un entrepiso o un sótano no se debe considerar parte de la barrera de presión

3.37

fácilmente accesible

capaz de alcanzarse rápida y fácilmente para su operación, mantenimiento e inspección

3.38

ocupaciones residenciales

ocupaciones que no están clasificadas como institucionales por la autoridad competente y que también contienen provisiones permanentes para dormir

3.39

sellado

todos los bordes, juntas, aberturas y penetraciones de los materiales de barrera de aire de la unidad de vivienda se tratan de manera permanente para que resistan el paso del aire

3.40

unidad de dormitorio

una habitación o espacio en el que duermen las personas que también puede incluir provisiones permanentes para vivir, comer, y las instalaciones sanitarias o de cocina, pero no ambas. Tales habitaciones y espacios que también formen parte de una unidad de vivienda no son unidades de dormitorio

3.41

fuentes

un objeto, persona o actividad interior del que se liberan contaminantes del aire interior, o una ruta de entrada de contaminantes del suelo exterior o del subsuelo del edificio

3.42**sistema de suministro**

uno o más ventiladores que suministran aire del exterior al edificio, haciendo que el aire interior salga por las vías de fuga normales a través de la envolvente del edificio

3.43**sistema**

equipo y otros componentes que, en conjunto, cumplen una función específica, como la refrigeración mecánica o la ventilación

3.44**tasa promedio del flujo de aire**

el volumen total de aire suministrado durante un período de tiempo

3.45**inodoro**

espacio que contiene un inodoro, un urinario o un servicio sanitario similar

3.46**lavadero**

lavandería, lavabo u otro cuarto de servicio que contenga fregaderos o equipo de lavado

3.47**ventilación**

el proceso de suministro de aire exterior o de extracción de aire interior de una vivienda por medios naturales o mecánicos. Dicho aire puede o no haberse acondicionado previamente

4 Ventilación de la unidad de vivienda

Un sistema de ventilación de la unidad de vivienda debe instalarse en conformidad con las Secciones 4.1 a 4.4, cláusula 4.5, o cláusula 4.6.

4.1 Tasa de ventilación

Se debe instalar un sistema de extracción de aire, inyección de aire o combinación de ellas, debiendo ser al menos uno de ellos mecánico, para que cada unidad de vivienda proporcione una ventilación continua de la unidad de vivienda con aire exterior a una tasa no menor que la especificada en la subcláusula 4.1.1.

4.1.1 Tasa de ventilación total.

La tasa de ventilación total necesaria (Q_{tot}) debe ser la especificada en la Tabla 1a (I-P) o 1b (SI) o alternativamente calculada usando la Ecuación 1a (I-P) o 1b (SI).

$$Q_{tot} = 0,03 A_{floor} + 7,5 (N_{br} + 1) \quad (1a)$$

en que:

Q_{tot} = tasa total de ventilación necesaria, cfm;

A_{floor} = superficie del suelo de la unidad de vivienda, pies²;

N_{br} = número de dormitorios (no debe ser inferior a 1).

$$Q_{tot} = 0,15 A_{floor} + 3,5 (N_{br} + 1) \tag{1b}$$

en que:

Q_{tot} = tasa total de ventilación necesaria, L/s;

A_{floor} = superficie del suelo de la unidad de vivienda, m²;

N_{br} = número de dormitorios (no debe ser inferior a 1).

Tabla 1a – (I-P) Requisitos del aire de ventilación, cfm

Superficie del suelo, pies ²	Dormitorios				
	1	2	3	4	5
< 500	30	38	45	53	60
500 a 1000	45	53	60	68	75
1 001 a 1 500	60	68	75	83	90
1501 a 2 000	75	83	90	98	105
2 001 a 2 500	90	98	105	113	120
2 501 a 3 000	105	113	120	128	135
3 001 a 3 500	120	128	135	143	150
3 501 a 4 000	135	143	150	158	165
4001 a 4 500	150	158	165	173	180
4501 a 5 000	165	173	180	188	195

Tabla 1b – (SI) Requisitos del aire de ventilación, L/s

Superficie del suelo, m ²	Dormitorios				
	1	2	3	4	5
< 47	14	18	21	25	28
47 a 93	21	24	28	31	35
94 a 139	28	31	35	38	42
140 a 186	35	38	42	45	49
187 a 232	42	45	49	52	56
233 a 279	49	52	56	59	63
280 a 325	56	59	63	66	70
326 a 372	63	66	70	73	77
373 a 418	70	73	77	80	84
419 a 465	77	80	84	87	91

4.1.2 Densidad de ocupantes diferentes

En los Tablas 1a y 1b y en las Ecuaciones 1a y 1b se presume que hay dos personas o tanto en una vivienda tipo estudio o en una unidad de vivienda de un único dormitorio y una persona adicional por cada dormitorio adicional. Cuando las densidades de los ocupantes sean más altas, la tasa debe incrementar en 3,5 L/s (7,5 cfm) por cada persona adicional. Cuando la autoridad competente lo aprueba, se pueden utilizar densidades de ocupación inferiores.

4.1.3 Reducción de la Tasa de Ventilación para la Filtración de Partículas

Esta cláusula describe los requisitos necesarios para aplicar un crédito contra la tasa mínima de ventilación total de esta norma. Este crédito se aplica durante cualquier período en el que se cumplan los requisitos de las Secciones 4.1.4.1, 4.1.4.2 y 4.1.4.3. En estos casos,

$$Q_{\text{filtration, credit}} = 0,2 \times Q_{\text{tot}} \quad (2)$$

en que Q_{tot} es la tasa de ventilación total de la subcláusula 4.1.1 modificada por 4.1.3 y cualquier flujo de aire adicional necesario de la cláusula A.3, y $Q_{\text{filtration, credit}}$ es el crédito para la filtración, que debe utilizarse para reducir Q_{tot} en 4.1 para ese período.

4.1.3.1 Sistema de distribución de aire

El aire filtrado debe suministrarse o volver desde todas las habitaciones en el espacio habitable a través de un sistema de tratamiento de aire. Los sistemas que combinan la distribución de aire de filtración y la distribución de la calefacción, ventilación y aire acondicionado, como en el caso de un sistema de tratamiento de aire que suministra (o devuelve) aire desde o hacia el filtro de cada dormitorio y área común, cumplen con este requisito, pero no son necesarios.

4.1.3.2 Filtración de partículas

El aire recirculado debe pasar a través de un filtro con un factor de filtración máximo de cláusula 4,3, según 4.1.4.2.1. El aire exterior y el aire recirculado también están sujetos a los requisitos de 6.7, que pueden requerir una filtración adicional dependiendo del diseño del sistema.

4.1.3.2.1 Factor de filtración

El factor de filtración de un filtro de aire (f_{fr}) debe determinarse mediante uno de los siguientes métodos:

Filtros probados según ASHRAE 52.2: Identificar el factor de filtración en la fila de la Tabla 2 asociada con la designación MERV.

Filtros probados según AHRI 680: Identificar el factor de filtración en la fila de la Tabla 3 para el cual las eficiencias de tamaño de partículas medidas no son menores que los valores listados en la fila.

Filtros con un método alternativo que proporciona una eficiencia de PM_{2,5} según lo aprobado por la autoridad competente: Identificar el factor de filtración en la fila de la Tabla 4 para el cual la eficiencia de la PM_{2,5} no es menor que el valor listado en la fila.

4.1.3.3 Tasa de flujo de aire

La tasa mínima de flujo de aire que pasa a través del filtro se muestra en la Ecuación 3:

$$Q_{fr} = f_{fr} Q_{tot} \quad (3)$$

en que Q_{fr} es la tasa de tiempo promedio del flujo de aire filtrado y recirculado suministrado por el sistema de tratamiento de aire. El período de tiempo para promediar el flujo no debe pasar de un día. Si el período excede las 12 h, se deben proveer controles para garantizar que el sistema también provea por lo menos el 10% de Q_{fr} cada período de 12 h.

4.1.3.4 Instalación y mantenimiento

Todos los filtros deben ser fácilmente accesibles desde el interior del espacio ocupable. Los filtros deben instalarse utilizando métodos para minimizar el desvío de aire. Además de las instrucciones y requisitos de etiquetado de la subcláusula 6.2, la designación del filtro necesaria para cumplir con los requisitos de filtración para este sistema se debe mostrar de forma prominente en la puerta de acceso al alojamiento del filtro o cerca de ella.

4.2 Tipo de sistema

El sistema de ventilación mecánica de la unidad de vivienda debe consistir en uno o más ventiladores de suministro o extractores y los conductos y controles asociados. Se debe permitir que los extractores locales formen parte de un sistema de extracción mecánica. En los casos en que se utilicen extractores locales para proporcionar ventilación a la unidad de vivienda, el flujo de aire de escape local puede acreditarse en relación al requisito de flujo de aire de ventilación de la unidad de vivienda. Los conductos de aire exterior conectados al lado de retorno de una unidad de tratamiento de aire deben permitirse como ventilación de suministro si se cumplen los requisitos del fabricante para la temperatura del aire de retorno. Ver ASHRAE Guideline 24, cláusula 10, para orientación sobre la selección de métodos.

4.3 Medición del flujo de aire

El flujo de aire necesario para esta cláusula es la cantidad de aire de ventilación exterior suministrado y/o de aire interior evacuado por el sistema de ventilación mecánica, tal y como está instalado y debe medirse de acuerdo con las instrucciones de instalación del fabricante del equipo de ventilación

Tabla 2 – Factor de filtración para filtros probados según ASHRAE 52.2

MERV	F_{fr}
11	4.3
12	3.0
13	2.1
14	1.8
15	1.7
16	1.6

Tabla 3 – Factor de filtración para filtros probados según AHRI 680

Eficiencia del tamaño de las partículas (0,30 a 1,0 μm)	Eficiencia del tamaño de las partículas (1,0 a 3,0 μm)	f_{fr}
0	65	4.3
0	80	3.0
25	85	2.1
75	90	1.8
85	90	1.7
95	95	1.6

Tabla 4 – Factor de filtración para filtros con una designación de eficiencia de PM2,5

Eficiencia PM2,5	F_{fr}
35%	4.3
50%	3.0
70%	2.1
85%	1.8
90%	1.7
95%	1.6

o utilizando una campana de flujo, rejilla de flujo u otro dispositivo de medición de flujo de aire en los terminales/rejillas de entrada o de salida del ventilador de ventilación mecánica, o en los conductos de ventilación conectados. El flujo de aire del sistema de ventilación mecánica equilibrada debe ser el promedio de los flujos del ventilador de suministro y del extractor. El flujo de aire de ventilación de los sistemas con múltiples modos de funcionamiento se debe probar en todos los modos diseñados para cumplir con esta cláusula.

4.4 Control y operación.

Se debe proporcionar un control manual de ENCENDIDO y APAGADO de fácil acceso, que incluya, entre otras cosas, un interruptor de ventilador o un dispositivo de sobrecorriente de circuito derivado dedicado. Los controles deben incluir un texto o un icono que indique la función del sistema.

Excepción a 4.4:

En el caso de unidades de vivienda multifamiliar, no debe ser necesario que el control manual ENCENDIDO y APAGADO sea de fácil acceso, entendiéndose su utilización solo para casos de emergencia.

4.5 Ventilación mecánica variable

Los sistemas de ventilación mecánica de las unidades de vivienda diseñados para proporcionar una ventilación variable deben cumplir con 4.5.1, 4.5.2 o 4.5.3. Las secciones 4.5.2 y 4.5.3 también requieren el cumplimiento del Anexo B y la verificación, con documentación de apoyo, del fabricante, diseñador o especificador del sistema de control de ventilación de que el sistema cumple con los requisitos de estas secciones. Se permite el rastreo o la programación de la ocupación.

4.5.1 Ventilación promedio a corto plazo

Para cumplir con esta cláusula, se debe instalar un sistema de ventilación variable para proporcionar una tasa de ventilación promedio de la unidad de vivienda durante cada período consecutivo de 3 h o menos que sea mayor o igual a Q_{fan} , según lo calculado en 4.1, y no debe proporcionar una tasa de ventilación igual a cero en ningún intervalo de 3 h.

4.5.2 Ventilación programada

Esta cláusula solo debe utilizarse cuando se conozcan uno o más patrones fijos de ventilación diseñada en el momento en que se determine el cumplimiento de esta norma. Tales patrones incluyen tanto los impulsados por relojes como los impulsados por datos meteorológicos típicos. El cumplimiento de esta cláusula puede demostrarse con 4.5.2.1 ó 4.5.2.2.

4.5.2.1 Programación promedio anual

Una programación anual de ventilación cumple con esta cláusula cuando el promedio anual de exposición relativa no es mayor a uno, y la exposición relativa máxima (R_i) no debe pasar de cinco (5) para cualquier intervalo de tiempo, según se calcula en el Anexo B.

4.5.2.2 Programación de bloques

El programa de ventilación cumple con esta cláusula si está dividido en bloques de tiempo y cada bloque tiene individualmente una exposición relativa promedio durante los periodos ocupados que no es mayor a uno (1), según lo calculado en el Anexo B. Todos los bloques deben terminar con una exposición relativa menor o igual a uno (1).

4.5.3 Control en tiempo real

Un controlador de ventilación en tiempo real cumple con esta cláusula cuando está diseñado para ajustar el sistema de ventilación basado en la entrada en tiempo real de los cálculos de ventilación, de modo que la exposición relativa promedio durante los periodos ocupados no sea mayor a uno (1), y la exposición relativa máxima (R_i) no debe pasar de cinco (5) para cualquier intervalo de tiempo, según se calcula en el Anexo B.

El período promedio no debe ser superior a un año y se debe basar en un promedio simple, recursivo o continuo, pero no en una extrapolación.

Con el fin de calcular el promedio de exposición relativa, se permite tratar una unidad de vivienda como desocupada durante un intervalo de tiempo solo si está desocupada durante todo el intervalo de tiempo.

4.6 Ventilación equivalente.

El sistema de ventilación de una unidad de vivienda debe diseñarse y operarse de tal manera que proporcione una exposición anual igual o inferior, según lo establecido en 4.1. Los cálculos se deben basar en una única zona con una tasa de emisión de contaminantes constante. El fabricante, el especificador o el diseñador del sistema de ventilación equivalente debe certificarse de que el sistema cumple con este propósito y proporcionar la documentación de apoyo.

5 Extracción local

5.1 Extracción local mecánica

Se debe instalar un sistema de extracción mecánico local en cada cocina y baño. Las cocinas abiertas deben estar provistas de un sistema de extracción mecánico controlado por la demanda que cumpla con los requisitos de 5.2. Cada sistema de ventilación local para todas las demás cocinas y baños debe ser uno de los siguientes:

- a. Un sistema de extracción mecánico controlado por la demanda que cumpla con los requisitos de 5.2.
- b. Un sistema de extracción mecánico continuo que cumpla con los requisitos de 5.3.

5.2 Extracción mecánica controlada por la demanda

Se debe diseñar un sistema de extracción mecánica local que se pondrá en operación según sea necesario.

5.2.1 Control y funcionamiento

Los sistemas de extracción mecánica controlados por la demanda deben estar provistos de al menos uno de los siguientes controles:

- a. Un control de ENCENDIDO-APAGADO controlado por el ocupante y de fácil acceso.
- b. Un control automático que no impida el control ENCENDIDO por parte del ocupante.

5.2.2 Tasa de ventilación

La tasa mínima de flujo de aire debe ser, por lo menos, la cantidad indicada en Tabla 5.

5.3 Extracción mecánica continua

Se debe instalar un sistema de extracción mecánico que funcione de forma continua. El sistema puede formar parte de un sistema de ventilación mecánica equilibrada. Ver Guía 24 de ASHRAE, para orientación sobre la selección de métodos.

5.3.1 Control y funcionamiento

Se debe proporcionar un control manual de ENCENDIDO-APAGADO, de fácil acceso, para cada sistema de extracción mecánica continua. El sistema debe estar diseñado para funcionar durante todas las horas de ocupables.

Excepción a 5.3.1:

En el caso de unidades de vivienda multifamiliar, no debe ser necesario que el control manual ENCENDIDO y APAGADO sea de fácil acceso.

5.3.2 Tasa de ventilación

La ventilación mínima entregada debe ser, por lo menos, la cantidad indicada en la Tabla 6 durante cada hora de funcionamiento.

5.4 Medición del flujo de aire.

El flujo de aire necesario para esta cláusula es la cantidad de aire interior que sale del sistema de ventilación tal como está instalado y debe medirse de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo de ventilación,

Tabla 5 – Tasas de flujo de aire de escape de la ventilación local controlada por la demanda

Aplicación	Flujo de aire
Cocina cerrada	— Campanas con ducto de ventilación (incluyendo combinaciones de campanas extractoras): 50 L/s (100 cfm)
	— Otros extractores de cocina, incluyendo los de flujo de aire descendente (downdraft): 150 L/s (300 cfm) o una capacidad de 5 ach
Cocina abierta	— Campanas con ducto de ventilación (incluyendo combinaciones de campanas extractoras): 50 L/s (100 cfm)
	— Otros extractores de cocina, incluyendo los de flujo de aire descendente (downdraft): 150 L/s (300 cfm)
Baño	25 L/s (50 cfm)

Tabla 6 – Tasas de flujo de aire de escape de ventilación local continua

Aplicación	Flujo de aire
Cocina cerrada	5 ach, basado en el volumen de la cocina
Cocina abierta	No aplica
Baño	10 L/s (20 cfm)

Tabla 7 – Tamaño prescriptivo de los conductos

Capacidad de flujo de aire del ventilador, CFM a una presión estática mínima de L/s a un mínimo de 62,5 Pa (0,25 pulgadas de agua)	≤ 50 (25)	≤ 80 (40)	≤ 100 (50)	≤ 125 (60)	≤ 150 (70)	≤ 175 (85)	≤ 200 (95)	≤ 250 (120)	≤ 350 (165)	≤ 400 (190)	≤ 450 (210)	≤ 700 (330)	≤ 800 (380)
Tipo de conducto	Diámetro mínimo del conducto, pulgadas (mm)^{a,b}												
Conducto rígido	4 ^e (100)	5 (125)	5 (125)	6 (150)	6 (150)	7 (180)	7 (180)	8 (205)	9 (230)	10 (255)	10 (255)	12 (305)	12 ^d (305)
Conducto flexible	4 (100)	5 (125)	6 (150)	6 (150)	7 (150)	7 (180)	8 (205)	8 (205)	9 (230)	10 (255)	NP	NP	NP

- a. En el caso de los conductos no circulares, calcule el diámetro multiplicando por cuatro el área de la sección transversal dividida por el perímetro
- b. NP = la aplicación de la tabla prescriptiva no está permitida para este escenario.
- c. El uso de esta tabla para verificar los sistemas de conductos flexibles requiere que el conducto flexible esté completamente extendido y que cualquier codo tenga un radio de curvatura mínimo con una relación de diámetro de conducto de 1,0.

- d. En este escenario, no está permitido el uso de los codos.
- e. Para este escenario, se debe permitir un conducto ovalado de 100 mm (4 pulgadas), siempre que el eje menor del ovalo sea mayor o igual a 75 mm (3 pulgadas).

o utilizando una campana de flujo, una rejilla de flujo u otro dispositivo de medición de flujo de aire en los terminales de entrada, terminales de salida o en los conductos de ventilación conectados del ventilador mecánico.

Excepción a 5.4:

Se deben permitir los criterios de diseño del fabricante o los requisitos prescriptivos de la Tabla 7 en lugar de una medición. Cuando se utilice la Tabla 7, el índice de flujo de aire de acuerdo con 7.1 debe cumplir o exceder una presión estática de 62,5 Pa (0,25 pulgadas de agua). El uso de la Tabla 7 está limitado a sistemas de conductos que no superen los 8 m (25 pies) de longitud, sistemas de conductos con no más de 3 (tres) codos y sistemas de conductos con accesorios de terminación exterior que tengan un diámetro hidráulico mayor o igual al diámetro mínimo del conducto y no menor que el diámetro hidráulico de la salida del ventilador.

6 Otros requisitos

6.1 Espacios adyacentes y aire de transferencia

Se deben tomar medidas para minimizar el movimiento de aire a través de los componentes de la envolvente hacia las unidades de vivienda desde los espacios adyacentes, tales como garajes, entresijos no acondicionados, áticos no acondicionados y otras unidades de vivienda. Las penetraciones de las paredes, techos y suelos de la barrera de presión deben sellarse, al igual que cualquier hueco vertical adyacente a las unidades de vivienda. Las puertas entre las unidades de vivienda y los pasillos comunes deben tener sellos, para evitar infiltraciones.

Los sistemas de suministro y de ventilación mecánica equilibrada deben diseñarse y construirse para proporcionar aire de ventilación directamente desde el exterior. El flujo de aire del sistema de ventilación mecánica equilibrada debe ser el promedio de los flujos del ventilador de suministro y del extractor.

6.1.1 Cumplimiento con las unidades de vivienda adosadas

Las unidades de vivienda adosadas, excepto las unidades existentes descritas en el Anexo A, cláusula A.6, deben demostrar el cumplimiento con 6.1 mediante la verificación de una tasa de fuga menor o igual a 150 L/s por 100 m² (0,3 cfm por pies²) del área de la envolvente de la unidad de vivienda por medio de un test de permeabilidad al aire (infiltrometría) a una presión de prueba de 50 Pa. Las pruebas se deben llevar a cabo de acuerdo con NCh3295, o lo que la autoridad competente determine. Para las unidades de vivienda unifamiliares adosadas horizontalmente que se están evaluando para el crédito de infiltración en 4.1.2, el procedimiento especificado en 4.1.2 debe ser una alternativa al procedimiento de esta cláusula.

6.2 Instrucciones y etiquetado

La información sobre el diseño de la ventilación y/o los sistemas de ventilación instalados, las instrucciones sobre su correcto funcionamiento para cumplir con los requisitos de esta norma, y las instrucciones que detallan cualquier mantenimiento necesario (similar al proporcionado para los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado) se deben proporcionar al propietario y al ocupante de la unidad de vivienda. Los controles deben estar etiquetados según su función (a menos que dicha función sea obvia, como en el caso de los interruptores del extractor del inodoro). Ver la Directriz 24 de ASHRAE, cláusula 13, para obtener información sobre las instrucciones y el etiquetado.

6.3 Secadoras de ropa

Las secadoras de ropa deben evacuar directamente hacia el exterior.

Excepción a 6.3: Secadores de condensación conectados a un drenaje.

6.4 Aparatos de combustión

6.4.1 Los aparatos de combustión deben estar provistos de aire de combustión y ventilación adecuado e instalados de acuerdo con las instrucciones de instalación del fabricante, la reglamentación vigente y/o la SEC.

NOTA Para los aparatos de combustión existe normativa y regulación relacionada ver NFPA 31, NFPA 54/ANSI Z223.1, NFPA 211.

6.4.2 Cuando los aparatos de combustión con ventilación atmosférica o los aparatos de combustión de combustibles sólidos estén situados dentro de la barrera de presión, el flujo total neto de extracción de los dos extractores más grandes (sin incluir un ventilador de refrigeración destinado a funcionar solo cuando las ventanas u otras entradas de aire están abiertas) no debe exceder los 75 L/s por 100 m² (15 cfm por cada 100 pies²) de espacio ocupable cuando funcione a plena capacidad. Si el flujo neto total diseñado excede este límite, el flujo de extracción neto tiene que reducirse disminuyendo el flujo de extracción o proporcionando aire exterior compensatorio. Los reguladores de gravedad o barométricos en sistemas de aire de reposición de extracción no accionados no se deben utilizar para suministrar aire exterior compensatorio. Los aparatos de combustión con ventilación atmosférica no incluyen aparatos de ventilación directa. Los aparatos de combustión que pasen las pruebas de seguridad realizadas de acuerdo con ANSI/BPI-1200 deben considerarse según lo establecido en 6.4.2.

6.5 Requisitos de hermeticidad

6.5.1 Garajes

Cuando un espacio habitable colinde con un garaje, el diseño tiene que evitar la migración de contaminantes desde el garaje hacia el espacio habitable. Se debe sellar herméticamente al aire la envolvente del garaje que limita con estos espacios habitables, sea muros, techos, pisos u otros elementos. Para una buena hermeticidad al aire, se deben sellar todas las uniones, penetraciones y juntas que se generen en los distintos elementos, aberturas, hojas de puerta y sus respectivos batientes y marcos, así como otras posibles fugas de aire que se puedan producir.

Para garantizar una buena hermeticidad se deberá sellar, envolver e impermeabilizar las superficies según sea necesario, de tal manera que se limite el movimiento del aire. Las puertas entre los garajes y los espacios habitables deberán considerar sellos y burletes en todo su perímetro que garanticen la hermeticidad al aire.

6.5.2 Conductos del sistema de acondicionamiento del espacio

Todas las juntas de distribución de aire situadas fuera de la barrera de presión deben estar selladas. Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado que operan en espacios ocupables no deben estar diseñados para suministrar o devolver aire al garaje. Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado que incluyen unidades de tratamiento de aire o conductos localizados fuera de la barrera de presión deben tener una fuga total de aire de no más del 6% del flujo total del ventilador cuando se mide a 25 Pa (0,1 pulgadas de agua) usando California Energy Commission, Title 24 o equivalente. Se puede utilizar el método D de ANSI/ASTM E 1554 para cumplir con este requisito. Si la unidad de tratamiento de aire, los conductos, o ambos, están ubicados en el garaje, la puerta del garaje debe abrirse hacia el exterior cuando se prueba la fuga del conducto.

6.6 Área de abertura para ventilación

Los espacios deben tener aberturas de ventilación como se indica en las siguientes subsecciones. Dichas aberturas deben cumplir los requisitos de 6.8.

Excepción a 6.6:

Unidades de vivienda y espacios adosados que cumplan con los requisitos locales de ventilación establecidos para los baños en la cláusula 5.

6.6.1 Espacios habitables

Cada espacio habitable debe estar provisto de aberturas de ventilación operables con un área abierta no menor al 4% del área del suelo no menor que 0,5 m² (5 pies²).

6.6.2 Inodoros y cuartos de servicio

Los inodoros y cuartos de servicio deben estar provistos de aberturas de ventilación con un área abierta no menor al 4% del área del suelo de la habitación o menor a 0,15 m² (1,5 pies²).

Excepciones a 6.6.2:

1. Cuartos de servicio con un conducto de escape de la secadora.
2. Inodoros con separaciones en los baños.

6.7 Filtración mínima

Los sistemas mecánicos que suministran aire a un espacio ocupable a través de conductos de más de 3 m (10 pies) de longitud y a través de un componente de acondicionamiento térmico, excepto los enfriadores evaporativos, deben estar provistos de un filtro con una eficiencia mínima designada de MERV 6 o mejor cuando se prueba de acuerdo con ANSI/ASHRAE 52.2, o una eficiencia mínima del tamaño de las partículas del 50% en el rango de 3,0 a 10 µm de acuerdo con 680 de AHRI. El sistema debe estar diseñado de tal manera que todo el aire exterior recirculado y suministrado mecánicamente se filtre antes de pasar a través de los componentes de acondicionamiento térmico. El filtro debe ubicar e instalar de tal manera que facilite el acceso y el servicio regular del propietario.

6.7.1 Caída de presión del filtro

Los sistemas mecánicos y de distribución nuevos que cubre 6.7 se deben diseñar para adaptarse la caída de presión del filtro limpio según la clasificación de AHRI 680 para el flujo de diseño del sistema. Las ubicaciones de los filtros deben estar etiquetadas con el flujo de aire de diseño y la máxima caída de presión permitida del filtro limpio. La etiqueta debe estar visible para la persona que reemplace el filtro.

NOTA Es recomendable la instalación de manómetros de presión diferencial, adosados al módulo mecánico, para advertir el estado de saturación del filtro utilizado, de manera indicar el recambio del filtro.

6.8 Entradas de aire

Las entradas de aire que forman parte del diseño de ventilación deben estar ubicadas a un mínimo de 3 m (10 pies) de las fuentes de contaminación conocidas, como una chimenea, un respiradero, una campana de extracción o el escape de un vehículo. La entrada debe colocarse de manera que el aire que entra no se vea obstruido por la nieve, las plantas u otros materiales. Las entradas de aire forzado deben estar provistas de mallas anti roedores/insectos (malla no superior a 13 mm [1/2 pulgada]).

Excepciones a 6.8:

1. Las aberturas de ventilación en la pared pueden estar, como máximo, a una distancia de 1 m (3 pies) de las fuentes de contaminación que salen a través del techo o de los escapes de la secadora.
2. No debe ser necesaria una distancia mínima de separación entre las ventanas y las salidas de extracción locales en las cocinas y los baños.
3. Terminaciones de ventilación cubiertas y que cumplan los requisitos que emanen de la SEC (NFPA 54/ANSI Z223.1) o equivalente.
4. Cuando se utiliza una terminación combinada de escape/entrada para separar el aire de entrada del de salida que se origina en un espacio habitable que no sea el de las cocinas, no se requiere una distancia mínima de separación entre estas dos aberturas. Para estas terminaciones combinadas, la concentración de aire de escape dentro del flujo de aire de entrada no debe exceder el 10% según lo establecido por el fabricante.

6.8.1 Aberturas de ventilación

Las ventanas, tragaluces, entradas de aire en muros, dispositivo de entradas de aire incluidas en ventanas o dispositivos similares en funcionamiento deben ser fácilmente accesibles para los ocupantes. Las aberturas no deben tener obstrucciones que disminuyan su área libre efectiva, tales como persianas, cuadros estén obstruidas de alguna otra forma.

NOTA En zonas donde se verifique que la calidad de aire exterior no sea aceptable para la salud humana se recomienda el uso de filtros apropiados para garantizar la calidad del aire interior de las viviendas.

6.9 Alarmas de monóxido de carbono

Se debe instalar una alarma de monóxido de carbono en cada unidad de vivienda de acuerdo con manual que instruya la autoridad competente, siempre que no sea abordado su control y uso en otras leyes, códigos y normas aplicables a nivel nacional.

7 Equipos de movimiento de aire

Todo equipo de movimiento de aire utilizado para cumplir con esta norma debe satisfacer los criterios de los siguientes subcláusulas.

7.1 Selección e instalación

Los sistemas y equipos de ventilación deben satisfacer las normas de ensayos pertinentes y procedimientos de calificación del sonido, como son por ejemplo, las aplicadas según ANSI/ASHRAE Standard 51/AMCA 210, ANSI/AMCA Standard 300 o las del Instituto de Ventilación del Hogar de EE.UU (HVI 915, HVI 916, HVI 920); o las que determine la Autoridad Competente afín al rubro.

7.2 Clasificación del sonido para ventiladores

Se deben calificar los ventiladores por sonido en al menos la tasa mínima de flujo de aire requerida por esta norma, como se señala posteriormente. Estas clasificaciones de sonido deben estar como mínimo a 25 Pa (0,1 pulgadas columnas de agua) de presión estática de acuerdo con los procedimientos de HVI mencionados en 7.1 o las calificaciones que determine la Autoridad Competente.

Excepción a 7.2: Las unidades de tratamiento de aire de calefacción, ventilación y aire acondicionado y los ventiladores montados a distancia no necesitan cumplir con los requisitos de sonido. Para considerarlo en esta excepción, un ventilador montado a distancia tiene que instalarse fuera de los espacios habitables, baños, inodoros y pasillos, y tiene que haber al menos 1 m (4 pies) de conductos entre el ventilador y la rejilla de entrada.

7.2.1 Ventilación de unidad de vivienda o ventiladores de extracción local continua

En régimen de ventilación continua estos ventiladores deben cumplir el nivel máximo según lo indicado en la Tabla 8

Tabla 8 – Rangos de presión sonora, ventiladores

Nivel de presión sonora - dB(A)	Distancia medición (m)
35	1.5
29	3

7.2.2 Extractores locales controlados por la demanda

Los extractores de baño utilizados para cumplir con 5.2 deben acuerdo con un nivel de presión sonora según Tabla 9. Los extractores de cocina utilizados para cumplir con 5.2 deben estar de acuerdo con un nivel de presión sonora según Tabla xx, en una o más configuraciones de flujo de aire mayor o igual a 47 L/s (100 cfm).

Tabla 9 – Rangos de presión sonora, extractores

Nivel de presión sonora - dB(A)	Distancia medición (m)
45	1.5
39	3

Excepción a 7.2.2: Los ventiladores con una configuración de flujo de aire mínima que exceda los 189 L/s (400 cfm) no necesitan cumplir esta condición.

7.3 Conductos de extracción

7.3.1 Múltiples extractores que utilizan un único conducto

Los extractores en unidades de vivienda separadas no deben compartir un conducto de extracción común. Si más de uno de los extractores en una única unidad de vivienda comparte un conducto de extracción común, cada ventilador debe estar equipado con un amortiguador de corriente invertida para evitar la recirculación del aire de escape de una habitación a otra a través del sistema de conductos de escape.

7.3.2 Un único extractor conducido a múltiples entradas

Cuando las entradas de escape se conducen comúnmente a través de múltiples unidades de vivienda, uno o más extractores localizados corriente abajo en relación a las entradas de escape deben estar diseñadas y destinadas para funcionar continuamente, o un sistema de uno o más amortiguadores de corriente invertida deben instalarse para aislar cada unidad de vivienda del conducto común cuando el ventilador no esté funcionando.

7.4 Conductos de suministro

Cuando las salidas de suministro se conducen comúnmente a través de múltiples unidades de vivienda, uno o más ventiladores de suministro ubicados corriente arriba de todas las salidas de suministro deben estar diseñados y destinados para funcionar continuamente, o se instalará un sistema de uno o más amortiguadores de corriente invertida para aislar cada unidad de vivienda del conducto común cuando el ventilador no esté funcionando.

Anexo A (normativo)

Edificios existentes

A.1 Resumen

Este anexo proporciona una ruta de cumplimiento alternativa para los edificios existentes y el equipo de ventilación asociado en los edificios existentes. Esta cláusula está destinada a los edificios que ya ocupados anteriormente sin cumplir las disposiciones de esta norma. La autoridad competente debe decidir en qué circunstancias son aplicables las disposiciones del presente anexo. El uso de este anexo como alternativa a las secciones del texto principal de los documentos de la norma no exime del cumplimiento del resto de la norma.

A.2 Tasa de ventilación mecánica de las unidades de vivienda

La tasa de ventilación mecánica necesaria (Q_{fan}) debe ser la tasa Q_{tot} en 4.1.1 más el flujo de aire adicional necesario calculado de acuerdo con la cláusula A3. Si se ha medido la hermeticidad de la envolvente del edificio, la tasa de ventilación mecánica necesaria puede reducirse como se describe en 4.1.2. En estos casos, la cláusula A3 debe aplicar primero que 4.1.2 cuando se determine la tasa de ventilación mecánica final.

A.3 Extracción local

Cuando se reemplace el equipo, y para cualquier renovación de cocina y baño, todos los requisitos de la cláusula 5 deben cumplirse. Para otras cocinas y baños existentes, cuando los documentos del equipo existente no cumplan con esos requisitos, esta cláusula puede usarse para compensar el flujo de aire de escape insuficiente para cada habitación que requiera extracción local, ajustando la tasa de ventilación mecánica de la unidad de vivienda en la cláusula A.2.

A.3.1 Déficit inicial de flujo de aire en la habitación

El déficit del flujo de aire para cada baño debe ser de 24 L/s (50 cfm), menos el índice de flujo de aire de A.4.2 del equipo de extracción. El déficit del flujo de aire para cada cocina debe ser de 47 L/s (100 cfm), menos el índice de flujo de aire de A.4.2 del equipo de extracción. Si no hay un dispositivo de extracción, o si el dispositivo existente no puede medirse ni clasificarse, se debe asumir que el flujo de aire del dispositivo de extracción es cero. El déficit de flujo de aire debe ser cero para un baño o una cocina si un nuevo dispositivo de ventilación de extracción que cumpla con los requisitos de 5.2 o 5.3 se instala en el baño o cocina.

A.3.2 Crédito de apertura de la ventana

Si la autoridad competente determina que la operación de la ventana es un método permisible para proveer extracción local, el déficit puede reducirse de la siguiente manera: si hay una ventana operable en la habitación, el déficit de flujo de aire puede ser reducido en 10 L/s (20 cfm).

A.3.3 Flujo de aire adicional necesario

El déficit de flujo de aire total es la suma de todos los déficits de flujo de aire final de todos los baños y cocinas. El flujo de aire adicional necesario para la ventilación mecánica de la unidad de vivienda es igual a una cuarta parte del déficit total del flujo de aire.

A.4 Equipo de aire en movimiento

Para todo el equipo de reemplazo y para cualquier equipo en una habitación que se esté renovando, se deben cumplir todos los requisitos de la cláusula 6 y 7. En el caso de los equipos existentes, se pueden utilizar las siguientes excepciones.

A.4.1 Selección, instalación y calificación del sonido. Las subcláusulas 7.1 y 7.2 no son aplicables a los extractores locales existentes que se retienen por medio de la ruta de cumplimiento alternativa de este anexo.

A.4.2 Clasificación del flujo de aire

A.4.2.1 Los ventiladores existentes destinados a utilizarse como ventilación mecánica de la unidad de vivienda tienen que medirse de acuerdo con los requisitos de 4.3.

A.4.2.2 Los ventiladores existentes destinados para la extracción local solo deben medirse de acuerdo con los requisitos de 5.4.

Excepción a A.4.2.2: Si no es posible medir la tasa de flujo del ventilador y no se dispone de las clasificaciones de flujo de aire del ventilador a 62,5 Pa (0,25 pulgadas de agua), pero las clasificaciones de flujo de aire del ventilador están disponibles para 25 Pa (0,1 pulgadas de agua) y se pueden verificar los requisitos de tamaño de los conductos de la Tabla 7, se pueden utilizar esas clasificaciones, siempre que se reduzcan en un 25%.

A.5 Sellado del aire de la unidad de vivienda

Las unidades de vivienda bajo alteraciones en que entre el 15% y el 80% del área de la pared de la envolvente de la unidad de vivienda es alterada, deben cumplir con 6.1.1 o con A.5.1 a A.5.4. Las unidades de vivienda cuando al menos 80% del área de la pared de la envolvente de la unidad de vivienda se ve alterada, deben cumplir con 6.1.1

A.5.1 Los espacios alrededor de las penetraciones fácilmente accesibles a través de la barrera de aire de la unidad de vivienda, incluyendo, pero no limitándose a los siguientes, deben sellarse:

- a. Penetraciones de ventilación y de tuberías, incluyendo las de las tuberías de agua, residuos de drenaje y tuberías de ventilación, las tuberías de calefacción, ventilación y aire acondicionado y los cabezales de rociadores.
- b. Penetraciones eléctricas, incluyendo las de los receptáculos, iluminación, cableado de comunicaciones y alarmas de humo.
- c. Penetraciones de calefacción, ventilación y aire acondicionado, incluyendo las de los ventiladores y las de los conductos de extracción, suministro, transferencia y retorno de aire.

A.5.2 Las fugas y hendiduras fácilmente accesibles en la barrera de aire de la unidad de vivienda deben sellarse, incluyendo, entre otras cosas, las intersecciones de la moldura del zócalo y el suelo, las intersecciones de paredes y techos, alrededor de la moldura de las ventanas y las puertas de la unidad de vivienda, y los puntos de terminación de las ranuras internas en los áticos y espacios de acceso.

A.5.3 Cuando durante las actividades de renovación se facilite el acceso a lugares anteriormente inaccesibles, dichas áreas se deben sellar herméticamente según lo dispuesto en A.5.1 y A.5.2.

A.5.4 Los selladores y materiales utilizados para el sellado de aire deben instalarse de acuerdo con las instrucciones de instalación del fabricante, especialmente en lo que respecta a las consideraciones de temperatura, humedad y anchura de la hendidura.

A.6 Control y funcionamiento de la ventilación de la unidad de vivienda

Cuando se utiliza un dispositivo de sobrecorriente de circuito derivado para cumplir con 4.4, no es necesario que el dispositivo esté dedicado.

Anexo B (normativo)

Exposición relativa

B.1 RESUMEN

El propósito de este anexo es calcular la exposición relativa variable en el tiempo (cláusula B.3) proporcionada por un patrón de ventilación variable en el tiempo especificado por el usuario. Este cálculo solo es necesario si está orientado por el texto principal de la norma.

B.1.1 Ventilación de destino

La ventilación de destino (Q_{tot}) para el cálculo de la exposición relativa es la determinada por 4.1 sin considerar ningún crédito de infiltración de 4.1.2 pero permitiendo otras modificaciones de 4.1.

B.1.2 Intervalo de tiempo

La duración de los intervalos de tiempo en minutos (segundos) Δt para su uso en este cálculo no debe ser superior a 1 h. Las cantidades programadas o en tiempo real que se sabe que varían más rápido que el intervalo de tiempo y se deben promediar para cada intervalo de tiempo.

B.1.3 Limitación de la exposición máxima

Para mantener el cumplimiento de este anexo, se debe proporcionar un sistema de ventilación y controles, ya que la exposición relativa (R_i), calculada de acuerdo con la cláusula B.3, no debe pasar de 5 para cualquier intervalo de tiempo dado.

B.1.4 Volumen del espacio

Si la autoridad competente ya definió el volumen del espacio (V_{space}), este debe usarse. De no ser así, el volumen del espacio debe establecerse en función del producto de la superficie de suelo (A_{floor}) y la altura de referencia (H_r) para los fines de este anexo (ver 4.1).

B.2 Ventilación total variable en el tiempo

Esta cláusula determina la ventilación total en cada intervalo de tiempo combinando la infiltración y la ventilación mecánica.

B.2.1 Ventilación mecánica

La tasa de ventilación mecánica ($Q_{fan,i}$) debe ser la mayor de las dos, ya sea la tasa promedio de extracción de cualquier dispositivo operativo o la tasa promedio de suministro de cualquier dispositivo operativo.

B.2.2 Infiltración

Las Subclausulas B.2.2.1 o B.2.2.2 deben utilizarse para determinar la infiltración ($Q_{inf,i}$) para unidades de vivienda aislada de menos de cuatro pisos de altura si se ha realizado un test de infiltrometría (ver 4.1.2). Para las demás unidades de vivienda, la infiltración se debe definir en cero.

B.2.2.1 Método para el promedio anual

$Q_{inf,i}$ se establece igual al resultado de 4.1.2, Ecuación 7a (I-P) o 7b (SI): Q_{inf} .

B.2.2.2 Método para intervalos de tiempo menores

La velocidad del viento (U_{met} [m/s o mph]) y la temperatura exterior (T_{out} [°C o °F]) se deben considerar de acuerdo con los datos de un año meteorológico típico o del sitio meteorológico disponible más cercano. Para cada intervalo de tiempo, la infiltración total debe calcularse en función de los efectos del viento y de las chimeneas, tal como se establece en esta cláusula.

El coeficiente de fuga de la envolvente C y el exponente n de la presión deben determinarse a partir de una de las siguientes maneras:

- a. De las medidas de la puerta del ventilador usando ASTM E779 o CGSB 149.10.
- b. Utilizando la superficie efectiva de fuga (ELA) calculada usando 4.1.2, se asume que n es 0,65, y C se calcula usando la Ecuación B-1a (I-P) o B-1b (SI):

$$C = 7\,400 \times ELA \tag{B-1a}$$

$$C = 1\,050 \times ELA \tag{B-1b}$$

en que:

C = coeficiente de fuga de la envolvente, L/s/Paⁿ [cfm/(pulgadas de agua)ⁿ];

ELA = superficie efectiva de fuga, m² (pies²).

- c. A partir de una prueba de fuga de un solo punto de la envolvente, se asume que n es 0,65, y C se calcula usando la Ecuación B-2a (I-P) o B-2b (SI):

$$C = 2,84 \times Q_{50} \tag{B-2a}$$

$$C = 0,786 \times Q_{50} \tag{B-2b}$$

en que C es el coeficiente de fuga de la envolvente en L/s/Paⁿ (cfm/(pulgadas de agua)ⁿ).

Tabla B-1 – Multiplicador de la velocidad del viento, G

Altura de la casa, pisos		
Uno	Dos	Tres
0.48	0.59	0.67

Tabla B-2 – Factor de protección, s

Sin salida de humos	Un piso con salida de humos	Dos pisos con salida de humos	Tres pisos con salida de humos
0.50	0.70	0.64	0.61

Tabla B-3a – (I-P) Coeficiente del Viento, C_w

Base	Un piso		Dos pisos		Tres pisos	
	Sin salida de humos	Con salida de humos	Sin salida de humos	Con salida de humos	Sin salida de humos	Con salida de humos
Sótano o losa a nivel	0.001313	0.001194	0.001432	0.001313	0.001432	0.001402
Entrepiso	0.001074	0.001074	0.001194	0.001194	0.001271	0.001295

Tabla B-3b – (SI) Coeficiente del viento, C_w

Base	Un piso		Dos pisos		Tres pisos	
	Sin salida de humos	Con salida de humos	Sin salida de humos	Con salida de humos	Sin salida de humos	Con salida de humos
Sótano o losa a nivel	0.156	0.142	0.170	0.156	0.170	0.167
Entrepiso	0.128	0.128	0.142	0.142	0.151	0.154

B.2.2.2.1 Flujo impulsado por viento

La velocidad del viento debe convertirse a la velocidad del viento del sitio usando el multiplicador de velocidad del viento (G) de la Tabla B-1 y la Ecuación B-3.

$$U_{tr} = GU_{met} \quad (B-3)$$

El flujo impulsado por el viento se debe calcular usando la Ecuación B-4:

$$Q_w = C \times C_w(s_U) \quad (B-4)$$

en que el factor de protección s se extrae de la Tabla B-2, y el coeficiente de viento (C_w) de la Tabla B-3a (I-P) o B-3b (SI).

Los valores de una salida de humos deben utilizarse siempre que haya una chimenea abierta o un dispositivo de combustión que obtenga su aire de combustión de un espacio acondicionado (por ejemplo, un horno, un calentador de agua o una estufa a leña).

B.2.2.2.2 Flujo impulsado por tiro

flujo impulsado por tiro se debe calcular usando la Ecuación B-5:

$$Q_s = CC_s (T_{in} - T_{out})^{\frac{1}{2}} \quad (B-5)$$

en que el coeficiente de tiro C_s se extrae de la Tabla B-4a (I-P) o B-4b (SI), y se asume que T_{in} es de 68 °F (20 °C).

B.2.2.2.3 Flujo de infiltración total

El flujo de infiltración total se debe calcular usando la Ecuación B-6:

$$Q_{inf,i} = \sqrt{Q_w^2 + Q_s^2} \quad (B-6)$$

B.2.3 Combinación de Infiltración y Ventilación Mecánica

La ventilación total es la suma de la ventilación mecánica y la infiltración en cada intervalo de tiempo:

$$Q_i = Q_{fan,i} + \phi Q_{inf,i} \quad (B-7)$$

en que ϕ es el coeficiente de aditividad, que es la unidad para los sistemas de ventilación mecánica equilibrada, y de otra manera:

$$\phi = \frac{Q_{inf,i}}{Q_{inf,i} + Q_{fan,i}} \quad (B-8)$$

Tabla B-4a – (I-P) Coeficiente de tiro, C_s

Un piso		Dos pisos		Tres pisos	
Sin salida de humos	Con salida de humos	Sin salida de humos	Con salida de humos	Sin salida de humos	Con salida de humos
0.000893	0.01144	0.00138	0.001478	0.001641	0.001791

Tabla B-4b – (SI) Coeficiente de tiro, C_s

Un piso		Dos pisos		Tres pisos	
Sin salida de humos	Con salida de humos	Sin salida de humos	Con salida de humos	Sin salida de humos	Con salida de humos
0.054	0.069	0.078	0.089	0.098	0.107

B.3 Cálculo de la exposición relativa

Esta cláusula utiliza las series de tiempo de la ventilación real (cláusula B.2) para calcular la serie de tiempo de la exposición relativa.

B.3.1 Ventilación diferente de cero

La exposición relativa para un intervalo de tiempo determinado se debe calcular a partir de la exposición relativa del intervalo anterior y la ventilación actual utilizando la siguiente ecuación, a menos que la ventilación en tiempo real o programada sea cero:

$$R_i = \frac{Q_{tot}}{Q_i} + \left(R_{i-1} - \frac{Q_{tot}}{Q_i} \right) e^{-Q_i \Delta t / V_{space}} \quad (B-9)$$

en que R_i es la exposición relativa para el intervalo de tiempo i .

B.3.2 Ventilación igual a cero

Si la ventilación en tiempo real o programada en un intervalo de tiempo determinado es igual cero, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$R_i = R_{i-1} + \frac{Q_{tot}\Delta t}{V_{space}} \quad (B-10)$$

B.3.3 Condiciones iniciales

Salvo que se especifique lo contrario en esta norma, la exposición relativa del intervalo anterior (es decir, " $i-1$ ") que se utilizará en el cálculo de la exposición relativa del primer intervalo debe ser la unidad.

Anexo C (informativo)

Cálculo de tasas de infiltración para viviendas

C.1 Crédito de infiltración

Si se ha realizado un test de infiltrometría, entonces se puede considerar un crédito por la infiltración estimada para las unidades de vivienda aislada utilizando el procedimiento de la cláusula 4.1.2.1 o 4.1.2.2. No se debe permitir que las unidades de vivienda adosadas que no estén conectadas horizontalmente reciban un crédito de infiltración. A las unidades de vivienda adosadas horizontalmente se les debe permitir usar el resultado del test de infiltrometría para considerar este crédito, sujeto al factor de reducción A_{ext} en la Ecuación C-2.

Si se considera este crédito, entonces la Tasa de Ventilación Mecánica Necesaria (Q_{fan}) se debe calcular usando la Ecuación C-2:

$$Q_{fan} = Q_{tot} - \phi(Q_{inf} \times A_{ext}) \quad (C-2)$$

en que:

Q_{fan} = tasa de ventilación mecánica necesaria, cfm (L/s);

Q_{tot} = tasa total de ventilación necesaria, cfm (L/s);

Q_{inf} = infiltración, cfm (L/s) (ver Anexo A para las excepciones de los edificios existentes);

A_{ext} = 1 para viviendas independientes; en caso contrario, para las unidades de vivienda adosadas horizontalmente, la relación entre la superficie exterior de la envolvente que no está adosada a los garajes u otras viviendas y la superficie total de la envolvente;

ϕ = para sistemas de ventilación equilibrada, y Q_{inf}/Q_{tot} en caso contrario.

Excepción a C.1: Cuando el Q_{fan} , calculado para la ventilación desequilibrada, es menor o igual a 7 L/s (15 cfm), no es necesario un sistema de ventilación en la unidad de vivienda.

C.1.1 Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf}) usando una prueba de fuga de envolvente de un solo punto

Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf}) debe calcularse usando una prueba de un solo punto a 50 Pa de las normas ASTM E1827 o ANSI/RESNET/ICC 380.

La Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf}) debe calcularse usando la ecuación C-3:

$$Q_{inf} = 0,052 \times Q_{50} \times wsf \times (H/H_r)^z \quad (C-3)$$

en que:

Q_{inf} = tasa de infiltración estimada, cfm (L/s);

Q_{50} = tasa de fuga con una despresurización o presurización de 50 Pa, cfm (L/s);

wsf = factor meteorológico y de protección del Anexo B;

H = distancia vertical entre el punto más bajo y el más alto por sobre el nivel del suelo dentro de la barrera de presión, en pies (m);

H_r = altura de referencia, 8,2 pies (2,5 m);

z = 0,4 para calcular la Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva.

C.1.2 Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf}) usando una Envoltente Multipunto

Prueba de fuga

La Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf}) debe calcularse utilizando la fuga normalizada calculada a partir de las mediciones de fuga de la envoltente utilizando una prueba multipunto a partir de la norma ASTM E779 o norma CGSB 149.10.

Procedimiento ASTM

Para calcular la superficie efectiva de fuga (ELA, por sus siglas en inglés) según ASTM E779, la superficie de fuga para la presurización y despresurización (utilizando una presión de referencia de 4 Pa) se debe promediar utilizando la Ecuación C-4:

$$ELA = (L_{press} + L_{depress})/2 \quad (C-4)$$

en que:

ELA = superficie efectiva de fuga, pies² (m²);

L_{press} = superficie de fuga a partir de la presurización, pies² (m²);

$L_{depress}$ = superficie de fuga a partir de la despresurización, pies² (m²).

Procedimiento CGSB

Para calcular la ELA a partir de la norma CGSB 149.10, tienen que realizarse las siguientes modificaciones en el procedimiento de prueba.

- Todos los orificios y aberturas intencionales tienen que estar en la misma configuración como se especifica en la norma ASTM E779 (es decir, reguladores y registros del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado deberían estar en la posición de funcionamiento normal; la chimenea y otros reguladores deberían estar cerradas a menos que sean necesarias para la operación de prueba).
- La altura y el área de suelo tienen que reportarse consistentemente con las definiciones de esta norma.
- La superficie de fuga calculada a partir del procedimiento CGSB tiene que convertirse usando la Ecuación C-5:

$$ELA = 0,61 \times (0,4)^{n-0,5} \times L_{cgsb} \quad (C-5)$$

en que:

n = exponente medido a partir de la norma CGSB 149.10;

L_{cgsb} = superficie de fuga según la norma CGSB modificada anteriormente, pies² (m²);

Fuga normalizada La fuga normalizada debe calcularse usando la Ecuación C-6:

$$NL = 1000 \times \frac{ELA}{A_{floor}} \times \left[\frac{H}{H_r} \right]^z \quad (C-6)$$

en que:

NL = fuga normalizada;

ELA = superficie efectiva de fuga, pies² (m²);

A_{floor} = superficie del suelo de la residencia, pies² (m²);

H = distancia vertical entre el punto más bajo y el más alto por sobre el nivel del suelo dentro de la barrera de presión, en pies (m);

H_r = altura de referencia, 8,2 pies (2,5 m);

z = 0,4 para calcular la Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva.

Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf})

La Tasa de Infiltración Promedio Anual Efectiva (Q_{inf}) debe calcularse usando la Ecuación 7a (I-P) o 7b (SI):

$$Q_{inf} \text{ (cfm)} = \frac{NL \times wsf \times A_{floor}}{7.3} \quad (7a)$$

en que:

NL = fuga normalizada;

wsf = factor meteorológico y de protección del Anexo B;

A_{floor} = superficie del suelo de la residencia, pies².

$$Q_{inf} \text{ (L / s)} = \frac{NL \times wsf \times A_{floor}}{1,44} \quad (7b)$$

en que:

NL = fuga normalizada;

wsf = factor meteorológico y de protección del Anexo B;

A_{floor} = superficie del suelo de la residencia, m².

Anexo D
(informativo)

Participantes en elaboración de Norma Chilena NCh3309

La Norma Chilena NCh3309 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y en su elaboración participaron las personas naturales y organizaciones siguientes:

ANWO	Hector Mora
Particular	Alejandro Reyes
EECOS	Roberto Mansilla
Instituto Nacional de Normalización, INN	Felipe Vidal
MINVU	Xavier Irazoqui

**Ventilación — Calidad aceptable de aire interior
— Requisitos**

Ventilation — Acceptable indoor air quality — Requirements

ICS 13.040.20; 91.040.01; 91.140.30



Número de referencia
NCh3308:2024
116 páginas

© INN 2024



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© INN 2024

Derechos de autor:

La presente Norma Chilena se encuentra protegida por derechos de autor o copyright, por lo cual, no puede ser reproducida o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin permiso escrito del INN. La publicación en Internet se encuentra prohibida y penada por la ley.

Se deja expresa constancia que en caso de adquirir algún documento en formato impreso, éste no puede ser copiado (fotocopia, digitalización o similares) en cualquier forma. Bajo ninguna circunstancia puede ser revendida. Asimismo, y sin perjuicio de lo indicado en el párrafo anterior, los documentos adquiridos en formato .pdf, tiene autorizada solo una impresión por archivo, para uso personal del Cliente. El Cliente ha comprado una sola licencia de usuario para guardar este archivo en su computador personal. El uso compartido de estos archivos está prohibido, sea que se materialice a través de envíos o transferencias por correo electrónico, copia en CD, publicación en Intranet o Internet y similares.

Si tiene alguna dificultad en relación con las condiciones antes citadas, o si usted tiene alguna pregunta con respecto a los derechos de autor, por favor contacte la siguiente dirección:

Instituto Nacional de Normalización - INN

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago Downtown Torre 7, piso 18 • Santiago de Chile

Tel. + 56 2 2445 88 00

Correo Electrónico contacto@inn.cl

Sitio Web www.inn.cl

Publicado en Chile

Contenido	Página
Preámbulo	vii
Introducción	viii
1 Alcance y campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones	2
4 Calidad del aire exterior	10
4.1 Calidad del aire regional	10
4.2 Calidad del aire local	11
4.3 Documentación	11
5 Sistemas y equipos	12
5.1 Envolvente del edificio y superficies interiores	12
5.2 Edificios con garajes de estacionamiento adjuntos	12
5.3 Requisitos para edificios que contienen áreas ETS y áreas libres de ETS ...	13
5.4 Tomas de aire exterior	14
5.5 Eliminación de partículas	17
5.6 Serpentes de tubos con aletas e intercambiadores de calor	17
5.7 Bandejas de drenaje	17
5.8 Humidificadores y sistemas de rociado de agua	18
5.9 Dispositivos generadores de ozono	18
5.10 Distribución del aire de ventilación	19
5.11 Superficies de corrientes de aire	20
5.12 Edificios enfriados mecánica o indirectamente por evaporación	20
5.13 Clasificación y recirculación del aire	21
5.14 Ubicación del conducto de escape	23
5.15 Aire de combustión	23
5.16 Captura local de contaminantes	23
5.17 Exfiltración del edificio	23
5.18 Controles del sistema de ventilación	24
5.19 Acceso para inspección, limpieza y mantenimiento	24
5.20 Riesgo de legionela	25
6 Procedimientos	25
7 Construcción y puesta en marcha del sistema	46
7.1 Fase de construcción	46
7.2 Puesta en marcha del sistema	47
7.3 Verificación del procedimiento de calidad del aire interior	48
8 Operaciones y mantenimiento	49

Anexos

Anexo A (normativo) Eficiencia de la ventilación del sistema multizona:

procedimiento alternativo.....52

A.1 Eficiencia de la ventilación del sistema52

A.2 Proceso de diseño55

A.3 Símbolos55

Anexo B (normativo) Separación de salidas de escape y tomas de aire exterior57

B.1 Generalidades.....57

B.2 Determinación de la distancia L58

Anexo C (normativo) Eficacia de la distribución de aire por zona: procedimientos

alternativos61

C.1 Eficacia de la distribución de aire por zona61

C.2 Sistema de distribución de aire modelado61

Anexo D (normativo) Tasas de ventilación para instalaciones para pacientes ambulatorios

no cubiertas por la norma ashrae/ashe 17063

D.1 Generalidades.....63

D.2 Tasas de ventilación63

Anexo E (informativo) Información sobre normas y guías internacionales seleccionadas

para MP10, MP2,5 y ozono.....65

Anexo F (informativo) Ecuaciones de balance de masa aceptables para el uso con

el procedimiento CAI68

Anexo G (informativo) Cálculo simplificado de la tasa de ventilación para sistemas de

recirculación de zonas múltiples que sirven solo categorías de

ocupación especificadas en edificios existentes72

G.1 Uso de este anexo.....72

G.2 Toma de aire exterior72

G.3 Flujo de aire primario mínimo de zona.....72

Anexo H (informativo) Aplicación.....74

H.1 Aplicación74

H.1.1 Edificios nuevos74

H.1.2 Edificios existentes74

Anexo I (informativo) Documentación.....77

I.1 Calidad del aire exterior.....77

I.2 Criterios de diseño de ventilación del edificio77

I.3 Procedimiento de tasa de ventilación77

I.4 Procedimiento de calidad del aire interior.....77

Anexo J (informativo) Fundamento de la tasa.....79

Anexo K (informativo) Información sobre ventilación natural93

K.1 Datos de calidad del aire exterior93

K.2 Tasa de ventilación natural93

K.3 Ruta prescriptiva a cálculos.....95

K.4 Control y accesibilidad (ventilación mixta)97

Anexo L (informativo) Cumplimiento	98
L.1 Cláusula 4	98
L.2 Cláusula 5	98
L.3 Cláusula 6 procedimiento de tasa de ventilación	99
L.4 Cláusula 6 procedimiento de calidad del aire interior	100
L.5 Cláusula 6 procedimiento de ventilación natural.....	101
L.6 Cláusula 6 extracciones	102
L.7 Ventilación para edificios existentes.....	103
Anexo M (informativo) Tabla de verificación de tasa de ventilación	105
Anexo N (informativo) Procedimiento de calidad del aire interior	109
N.1 Resumen de guía de calidad del aire seleccionado.....	109
N.2 Guía para tasas de emisión.....	110
N.3 Evaluación subjetiva.....	110
Anexo O (informativo) Bibliografía	111
Anexo P (informativo) Participantes en elaboración de Norma Chilena NCh3308	116

Figuras

Figura A.1 – Esquema del sistema de ventilación	54
Figura B.1 – Velocidad de descarga del aire de escape (U)	60
Figura F.1 – Esquema del sistema de ventilación sistema de volumen constante sin infiltración/exfiltración. ($*V_{Ot} = V_{Oz}$ para sistemas de una sola zona).....	70
Figura F.2 – Esquema del sistema de ventilación sistema de volumen de aire variable sin infiltración/exfiltración. ($*V_{Ot} = V_{Oz}$ para sistemas de una sola zona).....	71

Tablas

Tabla 1 – Distancia mínima de separación de entrada de aire.....	15
Tabla 2 – Tasas de ventilación mínimas en la zona de respiración	28
Tabla 3 – Tasas mínimas de escape.....	31
Tabla 4 – Corrientes de aire o fuentes.....	33
Tabla 5 – Eficacia de distribución de aire de zona (E_z).....	34
Tabla 6 – Compuestos de diseño, MP2,5 y sus límites de diseño	40
Tabla 7 – Mezclas de compuestos	40
Tabla 8 – Áreas de apertura mínimas: Aberturas Individuales	43
Tabla 9 – Áreas de apertura mínimas: dos aberturas espaciadas verticalmente.....	44
Tabla 10 – Métodos de prueba de laboratorio permitidos	48
Tabla 11 – Especificaciones mínimas de instrumentos de lectura directa.....	48
Tabla 12 – Número de puntos de medición.....	48
Tabla 13 – Actividad y frecuencia mínimas de mantenimiento para equipos del sistema de ventilación y componentes asociados.....	50
Tabla B.1 – Distancia de separación mínima	58

Tabla B.2 – Velocidad de descarga del aire de escape	59
Tabla B.3 – Factores de dilución mínimos	59
Tabla D.1 – Tasas mínimas de ventilación en la zona de respiración	63
Tabla E.1 – NAAQS para los Estados Unidos	66
Tabla F.1 – Flujo de aire exterior requerido en la zona o concentración de contaminantes en la zona de respiración del espacio con recirculación y filtración para sistemas de una sola zona	69
Tabla G.1– Tasas mínimas de flujo de aire exterior y primario.....	73
Tabla J.1 – Justificación de la tasa	79
Tabla K.1 – Soportes de intensidad de ventilación	94
Tabla M.1 – Tabla de verificación para el procedimiento de tasa de ventilación (VRP)	105

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico CL034 *Especialidades de la construcción*, Subcomité SC06 *Comportamiento térmico y uso de la energía*, para definir las funciones y requisitos mínimos, para sistemas de ventilación mecánica, natural y para la envolvente del edificio orientados a proveer una calidad de aire interior aceptable en edificios no residenciales.

Por no existir Norma Internacional esta norma está basada en ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022 *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality*, siendo no equivalente a la misma por tener desviaciones técnicas.

Esta norma reemplaza a la norma NCh3308:2013 *Ventilación - Calidad aceptable de aire interior - Requisitos* y la deja no vigente técnicamente.

Los Anexos A, B, C y D forman parte de la norma.

Los Anexos F, G, H, I, J, K, M, N, O y P no forman parte de la norma, se insertan solo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 30 de mayo de 2024.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

Introducción

El propósito de esta norma es especificar tasas mínimas de ventilación y otras medidas destinadas a proporcionar una calidad del aire interior (CAI) que sea aceptable para los ocupantes humanos y que minimice los efectos adversos para la salud.

Esta norma está destinada a la aplicación reglamentaria a edificios nuevos, adiciones a edificios existentes y cambios a edificios existentes que se identifican en el cuerpo de la norma.

Esta norma está destinada a utilizarse para guiar la mejora de CAI en edificios existentes.

Ventilación — Calidad aceptable de aire interior — Requisitos

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma se aplica a los espacios previstos para ocupación humana dentro de edificios, excepto aquellos dentro de unidades de vivienda en ocupaciones residenciales en las que los ocupantes no son transitorios.

1.2 Esta norma define los requisitos para el diseño, instalación, puesta en servicio, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación y limpieza de aire.

1.3 Además de la ventilación, esta norma contiene requisitos relacionados con ciertos contaminantes y fuentes de contaminantes, incluidos el aire exterior, los procesos de construcción, la humedad y el crecimiento biológico.

1.4 Esta norma no prescribe requisitos de tasa de ventilación específicos para lo siguiente:

- a) Espacios que contienen humo o que no cumplen con los requisitos de la norma para la separación de espacios que contienen humo.
- b) Áreas de atención al paciente no enumeradas en esta norma.
- c) Laboratorios con materiales peligrosos.

2 Referencias normativas

Los documentos siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

AHRI 1060 (2018), *Performance Rating of Air-to-Air Exchangers for Energy Recovery Ventilation Equipment*.

AMCA 500-L-15, *Laboratory Methods of Testing Louvers for Rating*.

ANSI/AIHA Z9.5-2012, *Standard for Laboratory Ventilation*.

ANSI/ASHRAE Standard 41,2 (2018), *Standard Methods for Air Velocity and Airflow Measurement*.

ANSI/ASHRAE Standard 52.2 (2017), *Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for - Removal Efficiency by Particle Size*.

ANSI/ASHRAE Standard 52.2 (2017), *Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for - Removal Efficiency by Particle Size*.

ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170 (2017), *Ventilation for Health Care Facilities*.

ANSI/ASHRAE Standard 188 (2018), *Legionellosis: Risk Management for Building Water Systems*.

ASTM C1338 (2014), *Standard Test Method for Determining Fungi Resistance of Insulation Materials and Facings*.

ASTM D3273 (2016), *Standard Test Method for Resistance to Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber.*

ASTM D6345 (2010), *Standard Guide for Selection of Methods for Active, Integrative Sampling of Volatile Organic Compounds in Air.*

ASTM D5197 (2016), *Standard Test Method for Determination of Formaldehyde and Other Carbonyl Compounds in Air (Active Sampler Methodology).*

CIBSE AM10 (2005), *Natural Ventilation in Non-Domestic Buildings.*

ISO 4224 (2000), *Ambient air - Determination of carbon monoxide - Non-dispersive infrared spectrometric method.*

ISO 16000-3 (2011), *Indoor air - Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air - Active sampling method.*

ISO 16000-6 (2011), *Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID.*

ISO 16017-1 (2000), *Indoor, ambient and workplace air - Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography - Part 1: Pumped sampling.*

ISO 16017-2 (2003), *Indoor, ambient and workplace air - Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography - Part 2: Diffusive sampling.*

ISO 16890 (2016), *Air Filters for General Ventilation.*

ANSI Z223.1/NFPA 54 (2018), *National Fuel Gas Code.*

NFPA 31 (2016), *Standard for the Installation of Oil-Burning Equipment.*

NFPA 45 (2015), *Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals.*

NFPA 90A (2018), *Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems.*

NFPA 90B (2018), *Standard for the Installation of Warm Air Heating and Air-Conditioning Systems.*

NFPA 211 (2019), *Standard for Chimneys, Fireplaces, Vents, and Solid Fuel-Burning Appliances.*

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1

calidad aceptable del aire interior (CAI)

aire en el que no hay contaminantes conocidos en concentraciones nocivas, según lo determinen las Autoridades Competentes, y con los cuales una mayoría sustancial (80% o más) de las personas expuestas no expresan disconformidad

3.2 aire

3.2.1

aire ambiente

aire que rodea un edificio; la fuente de aire exterior que entra en un edificio

3.2.2

aire frío

aire cuya temperatura es inferior a la temperatura media del espacio

3.2.3

aire de escape

aire extraído de un espacio y descargado al exterior del edificio por medio de sistemas de ventilación mecánica o natural

3.2.4

aire interior

aire en un espacio utilizable cerrado

3.2.5

aire de reposición

cualquier combinación de aire exterior y de transferencia destinada a reemplazar el aire de escape y la exfiltración

3.2.6

aire exterior

aire ambiental y aire ambiental que ingresa a un edificio a través de un sistema de ventilación, a través de aberturas intencionales para ventilación natural o por infiltración

3.2.7

aire primario

aire suministrado a la zona de ventilación antes de mezclarse con cualquier aire recirculado localmente

3.2.8

aire recirculado

aire extraído de un espacio, o tratado dentro del espacio, que se reutiliza como aire de suministro

3.2.9

aire de retorno

aire extraído de un espacio para ser recirculado o expulsado

3.2.10

suministro de aire

aire suministrado por ventilación mecánica o natural a un espacio y compuesto por cualquier combinación de aire exterior, aire recirculado o aire de transferencia

3.2.11

aire de transferencia

aire movido de un espacio interior a otro

3.2.12

aire de ventilación

la parte del aire de suministro que es aire exterior más cualquier aire recirculado que haya sido tratado con el fin de mantener una CAI aceptable

3.2.13

aire caliente

aire cuya temperatura es superior a la temperatura media del espacio

3.3

acondicionamiento de aire

proceso de tratamiento del aire para cumplir con los requisitos de un espacio acondicionado mediante el control de su temperatura, humedad, limpieza y distribución

3.4

aula

un espacio para la instrucción en el que el instructor ocupa y almacena regularmente útiles académicos en el espacio

3.5

aula de conferencias

un espacio para la instrucción en el que todos los ocupantes son provisionales y no se almacenan suministros en el espacio

3.6

Autoridad Competente

una agencia u organización que tiene la experiencia y la jurisdicción para establecer y regular los límites de concentración de contaminantes en el aire, o una agencia u organización reconocida como autorizada y tiene el alcance y la experiencia para establecer pautas, valores límite o niveles de concentración para contaminantes transportados por el aire

3.7

área utilizable neta

área de piso de un espacio utilizable definida por las superficies internas de sus paredes, pero excluyendo fustes, cerramientos de columnas y otras áreas permanentemente cerradas, inaccesibles y no utilizable

Las obstrucciones en el espacio, tales como muebles, estantes de exhibición o almacenamiento y otras obstrucciones, ya sean temporales o permanentes, se consideran parte del área utilizable neta.

3.8

área ETS

espacios donde se permite fumar, así como aquellos espacios no separados de espacios donde se permite fumar de acuerdo con los requisitos de cláusula 5 de esta norma

3.9

exfiltración

fuga incontrolada de aire hacia el exterior desde espacios acondicionados a través de aberturas no intencionales en techos, pisos y paredes a espacios no acondicionados o al exterior causada por diferencias de presión a través de estas aberturas debido al viento, diferencias de temperatura entre el interior y el exterior (efecto chimenea) y desequilibrios entre el exterior y las tasas de flujo de aire de escape

3.10**retorno del techo**

aire extraído del espacio a más de 1,4 m (4,5 pies) por encima del suelo

3.11**concentración**

cantidad de un componente disperso en una cantidad definida de otro

3.12**espacio acondicionado**

la parte de un edificio que se calienta o se enfría, o ambos, para la comodidad de los ocupantes

3.13**contaminante**

un componente no deseado transportado por el aire con el potencial de reducir la aceptabilidad del aire

3.14**mezcla contaminante**

dos o más contaminantes que se dirigen al mismo sistema orgánico

3.15**ventilación controlada por demanda (VCD)**

cualquier medio por el cual el flujo de aire exterior de la zona de respiración (V_{bz}) se puede modificar en el espacio o espacios ocupados en función del número real o estimado de ocupantes, los requisitos de ventilación de la zona ocupada, o ambos

3.16**compuestos de diseño (CD)**

compuestos químicos que se encuentran en el ambiente interior que tienen el potencial de reducir la aceptabilidad del aire y se consideran en el diseño del Procedimiento CAI (PCAI)

3.17**espacio utilizable**

un espacio cerrado destinado a actividades humanas, excluyendo espacios destinados a ser ocupados ocasionalmente y por períodos cortos de tiempo, tales como cuartos de almacenamiento, cuartos de equipos y salidas de emergencia

3.18**dispositivo de recuperación de energía**

un dispositivo o combinación de dispositivos o sistema para transferir calor y/o vapor de agua entre corrientes de aire exteriores y de escape separadas

3.19**humo de tabaco ambiental (ETS)**

combinación "envejecida" y diluida de la corriente lateral de humo (humo de la punta encendida de un cigarrillo u otro producto de tabaco) y el humo principal exhalado (humo exhalado por un fumador). ETS se conoce comúnmente como humo de segunda mano. Esta definición incluye el humo producido por la combustión de cannabis y sustancias controladas y las emisiones producidas por los dispositivos electrónicos para fumar

3.20

pozo de equipo

un área (generalmente en el techo) encerrada en tres o cuatro lados por paredes que tienen menos del 75% de área libre, y el menor entre el largo y el ancho del recinto es menor que tres veces la altura promedio de las paredes. El área libre de la pared es la relación entre el área de las aberturas a través de la pared, como las aberturas entre las láminas de las rejillas y los cortes, dividida por el área bruta (longitud por altura) de la pared

3.21

sistema de limpieza de aire

un dispositivo o combinación de dispositivos aplicados para reducir la concentración de contaminantes en el aire tales como microorganismos, polvos, humos, partículas respirables, otras partículas, gases, vapores o cualquier combinación de los mismos

3.22

eficacia de distribución de aire por zona

relación entre el cambio de concentración de contaminantes entre el suministro de aire y el escape de aire y el cambio de concentración de contaminantes entre el suministro de aire y la zona de respiración

3.23

equipo de rechazo de calor por evaporación

dispositivos de rechazo de calor, incluidas las torres de enfriamiento de circuito abierto, las torres de enfriamiento de circuito cerrado y los condensadores evaporativos, con un circuito de agua abierto que rechazan el calor a través de la evaporación del agua

3.24

retorno del piso

aire extraído del espacio a menos de 4,5 pies (1,4 m) por encima del piso

3.25

suministro de piso

aire suministrado al espacio a menos de 4,5 pies (1,4 m) sobre el piso

3.26

materiales peligrosos

cualquier elemento o agente biológico, químico, radiológico o físico que tenga el potencial de causar daño a los seres humanos, los animales o el medio ambiente, ya sea por sí mismo o mediante la interacción con otros factores. Los productos químicos peligrosos son cualquier producto químico clasificado como un peligro para la salud o asfixiante simple, de acuerdo con la norma de comunicación de peligros (29 CFR1910.1200), y cualquier otra sustancia particularmente peligrosa, incluidos carcinógenos seleccionados, toxinas reproductivas y sustancias que tienen un alto grado de toxicidad aguda. Los agentes biológicos peligrosos son cualquier microorganismo patógeno, alergénico o toxígeno, incluidos los agentes BSL2-4, tal como se define en Bioseguridad en Laboratorios Microbiológicos y Biomédicos del Instituto Nacional para la Salud

3.27

sala de imágenes, Clase 1

salas de imágenes que cumplen con el criterio de Clase 1 según las Guías para el diseño y construcción de instalaciones para pacientes ambulatorios del Instituto de Guías de Instalaciones (FGI)

3.28**espacio industrial**

un entorno interior donde la actividad principal es la producción o los procesos de fabricación

3.29**infiltración**

fuga incontrolada de aire hacia el interior de espacios acondicionados a través de aberturas no intencionales en techos, pisos y paredes desde espacios no acondicionados o el exterior causado por las mismas diferencias de presión que inducen la exfiltración

3.30**modo desocupado**

cuando una zona no está programada para ser ocupada

3.31**microorganismo**

un organismo microscópico, especialmente una bacteria, hongo o protozoo

3.32**fuentes inusuales**

un artículo o actividad que generalmente no se espera dentro de una categoría de ocupación y que tiene el potencial de crear contaminantes

NOTA

El Anexo J contiene información sobre fuentes y contaminantes esperados en ciertas categorías de ocupación.

3.33**suministro de techo**

aire suministrado al espacio a más de 1,4 m (4,5 pies) por encima del suelo

3.34**no transitorio**

ocupación de una unidad de vivienda o unidad de dormitorio por más de 30 días

3.35**sensor de ocupación**

un dispositivo como un detector de movimiento o un sistema de llave cautiva que detecta la presencia de una o más personas dentro de un espacio

3.36**unidad de vivienda**

una sola unidad que proporciona instalaciones de vida completas e independientes para una o más personas, incluidas disposiciones permanentes para vivir, dormir, comer, cocinar y saneamiento

3.37**modo ocupado**

cuando una zona está programada para ser ocupada

3.38**modo de espera ocupado**

cuando una zona está programada para estar ocupada y un sensor de ocupación indica cero poblaciones dentro de la zona

3.39

olor

cualidad de los gases, líquidos o partículas que estimula el órgano olfativo

3.40

área de apertura

área libre neta de una abertura

3.41

área de atención al paciente

un área utilizada principalmente para la prestación de atención clínica a los pacientes. Dicha atención incluye servicios de seguimiento, evaluación y tratamiento

3.42

material particulado 2,5; MP2,5

partículas de aerosol con un diámetro aerodinámico inferior o igual a un nominal de 2,5 µm

3.43

fácil acceso; fácilmente accesible

capaz de alcanzarse rápidamente para su operación sin requerir que el personal trepe o elimine obstáculos o que recurra al uso de ayudas inseguras para trepar, como mesas o sillas

3.44

ocupaciones residenciales

ocupaciones que no están clasificadas como institucionales por la Autoridad Competente y que contienen provisiones permanentes para dormir

3.45

unidad de dormitorio

una habitación o espacio en el que duermen las personas que incluye disposiciones permanentes para vivir, comer e instalaciones sanitarias o de cocina, pero no ambas. Las habitaciones y espacios que también forman parte de una unidad de vivienda no son unidades para dormir

3.46

sistema de distribución de aire estratificado

dispositivo o combinación de dispositivos aplicados para proporcionar una distribución térmica y de contaminantes estratificada dentro de una zona

3.47

ventilación mecánica

ventilación proporcionada por equipos accionados mecánicamente, como ventiladores y sopladores accionados por motor, pero no por dispositivos como ventiladores de turbina accionados por viento y ventanas accionadas mecánicamente

3.48

ventilación natural

ventilación proporcionada por efectos térmicos, de viento o de difusión a través de puertas, ventanas u otras aberturas intencionales en el edificio

3.49

ventilación

proceso de suministro o extracción de aire de un espacio con el fin de controlar los niveles de contaminantes del aire, la humedad o la temperatura dentro del espacio

3.50**volumen, espacio**

volumen total de un espacio utilizable encerrado por la envolvente del edificio, más el de cualquier espacio permanentemente abierto al espacio utilizable, como un ático de techo utilizado como cámara de retorno de techo

3.51**zona de ventilación**

cualquier área interior que requiere ventilación y comprende uno o más espacios con la misma categoría de ocupación (ver Tabla 3), densidad de ocupantes, efectividad de la distribución del aire de la zona (ver subcláusula 6.2.1.2) y flujo de aire primario de la zona de diseño (ver subcláusula 6.2.4.3.2 y Anexo A) por unidad de superficie

NOTA Una zona de ventilación no es necesariamente una zona de control térmico independiente; sin embargo, los espacios que se pueden combinar para calcular la carga a menudo se pueden combinar en una sola zona para calcular la ventilación).

3.52**zona de respiración**

región dentro de un espacio ocupado entre planos de 75 y 1 800 mm (3 y 72 pulgadas) por encima del piso y más de 600 mm (2 pies) de las paredes o equipo fijo de aire acondicionado

3.53 Siglas, abreviaturas y acrónimos

ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
AgBB	Comité para la evaluación de productos de construcción relacionados con la salud (alemán)
AHRI	Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración
AIHA	Asociación Estadounidense de Higiene Industrial
AMCA	Asociación de Control y Movimiento Aéreo
ANSI	Instituto Nacional Americano de Normas.
ASHE	Sociedad Americana para la Ingeniería de Servicios Médicos
BSL	Nivel de seguridad biológica
Cal	California
CFR	Código de Regulaciones Federales
CIBSE	Institución Colegiada de Ingenieros de Servicios de Construcción
CREL	Niveles de exposición crónica de referencia
CD	Compuesto de diseño
VCD	Ventilación controlada por demanda
DL	Límite de diseño

EHS	Salud y seguridad ambiental
EPA	Agencia de Protección Ambiental
HTA	Humo de tabaco ambiental
HVAC	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
CAI	Calidad del aire interior
PCAI	Procedimiento de calidad del aire interior
I-P	Pulgada-libra
ISO	Organización Internacional de Normalización
LCI	Menor concentración de interés
MERV	Valor de informe de eficiencia mínima
NAAQS	Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra Incendios
NSF	Fundación Nacional de Saneamiento
O&M	Operaciones y mantenimiento
OS	Ocupado en espera
MP	Material particulado
SI	Sistema Internacional de Unidades
SMACNA	Asociación Nacional de Contratistas de Chapistería y Aire Acondicionado
UL	Underwriters Laboratories
VAV	Volumen de aire variable
VRP	Procedimiento de tasa de ventilación

4 Calidad del aire exterior

La calidad del aire exterior debe investigarse de acuerdo con las subcláusulas 4.1 y 4.2 antes de completar el diseño del sistema de ventilación. Los resultados de esta investigación se deben documentar de acuerdo con la subcláusula 4.3.

4.1 Calidad del aire regional

El estado de cumplimiento con Las Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS) se debe determinar para el área geográfica del sitio de construcción.

4.1.1 En Chile, el estado de cumplimiento debe ser "cumplimiento" o "no cumplimiento" con las normas de calidad ambiental, las áreas sin designación de estado de cumplimiento se debe considerar áreas de "cumplimiento".

Notas informativas:

1. Las NAAQS se muestran en el Anexo E, Tabla E.1.
2. La lista de áreas de incumplimiento del Ministerio de Medio Ambiente en su portal www.SNIFA.sma.gob.cl.
3. Los datos de calidad del aire recopilados en monitores exteriores en SINCA del Ministerio de medio Ambiente. Se pueden encontrar en www.sinca.mma.gob.cl.
4. Los enlaces de Internet para obtener información detallada sobre las NAAQS y los niveles de contaminantes para otras regiones seleccionados se pueden encontrar en el Anexo E.

4.2 Calidad del aire local

Se debe realizar un estudio de observación del sitio del edificio y sus alrededores inmediatos durante las horas en las que se espera que el edificio esté normalmente ocupado para identificar los contaminantes locales de las instalaciones circundantes que serán motivo de preocupación si se les permite ingresar al edificio.

4.3 Documentación

La documentación de la investigación de la calidad del aire exterior se debe revisar con los propietarios del edificio o su representante y debe incluir lo siguiente como mínimo:

- a. Estado de cumplimiento de la calidad del aire regional.
- b. Información de la encuesta local
 1. Fecha de las observaciones.
 2. Hora de las observaciones.
 3. Descripción del sitio.
 4. Descripción de las instalaciones en el sitio y en las propiedades adyacentes.
 5. Observación de olores o irritantes.
 6. Observación de chimeneas visibles o contaminantes del aire visibles.
 7. Descripción de fuentes de escape de vehículos en el sitio y en propiedades adyacentes.
 8. Identificación de posibles fuentes de contaminación en el sitio y de las propiedades adyacentes, incluidas las que operan solo por temporada.
- c. Conclusión sobre la aceptabilidad de la calidad del aire exterior y la información que respalda la conclusión.

5 Sistemas y equipos

5.1 Envoltente del edificio y superficies interiores

La envoltente del edificio y las superficies interiores dentro de la envoltente del edificio se deben diseñar de acuerdo con las siguientes subcláusulas.

5.1.1 Envoltente del edificio

La envoltente del edificio, incluidos techos, paredes, sistemas de ventanas y cimientos, debe cumplir con lo siguiente:

- a. Se debe proporcionar una barrera contra la intemperie u otros medios para evitar la penetración de agua líquida en la envoltente.

Excepción a 5.1.1(a): Cuando la envoltente está diseñada para permitir que ocurra la penetración esporádica de agua sin causar daños a la construcción de la envoltente.

- b. Se debe proporcionar un retardador de vapor colocado apropiadamente u otros medios para limitar la difusión del vapor de agua para evitar la condensación en las superficies frías dentro de la envoltente.

Excepción a 5.1.1(b): Cuando la envoltente está diseñada para admitir condensación esporádica sin que se dañe la construcción de la envoltente.

- c. Las juntas exteriores, las uniones o las penetraciones en la envoltura del edificio que son vías para la fuga de aire se deben calafatear, empaquetar, sellar con burletes, proporcionar una barrera de aire continua o sellar de otra manera para limitar la infiltración a través de la envoltura para reducir la entrada incontrolada de humedad del aire exterior y contaminantes.

NOTA En localidades donde los suelos contienen altas concentraciones de radón u otros contaminantes del gas del suelo, la Autoridad Competente podría imponer medidas adicionales, como la despresurización de la sublosa.

5.1.2 Condensación en superficies interiores

Las tuberías, conductos y otras superficies dentro del edificio cuyas temperaturas superficiales se espera que caigan por debajo de la temperatura del punto de rocío circundante deben estar aisladas. La resistencia térmica del sistema de aislamiento y las características del material deben evitar que se forme condensación en la superficie expuesta y dentro del material aislante.

Excepción a 5.1,2: Cuando el condensado humedezca solo las superficies que se manejarán para prevenir o controlar el crecimiento de moho. Se debe presentar un plan de gestión junto con el diseño que especifique los supuestos de diseño y los límites del plan. El plan debe ser proporcionado al propietario.

5.2 Edificios con garajes de estacionamiento adjuntos

Para limitar la entrada de gases de escape vehiculares en espacios utilizables, los edificios con garajes de estacionamiento anexos deben estar diseñados para:

- a. mantener la presión del garaje en o por debajo de la presión de los espacios utilizables adyacentes,
- b. usar un vestíbulo para proporcionar una esclusa de aire entre el garaje y los espacios utilizables adyacentes, o

- c. de lo contrario, limite la migración de aire desde el garaje de estacionamiento adjunto a los espacios utilizables adyacentes del edificio de una manera aceptable para la Autoridad Competente.

5.3 Requisitos para edificios que contienen áreas ETS y áreas libres de ETS

Los requisitos de esta subcláusula deben cumplirse cuando un edificio contiene áreas ETS y áreas libres de ETS. Dichos edificios deben construirse y operarse de acuerdo con las subcláusulas 5.3.1 a 5.3.8. Esta subcláusula no pretende lograr una CAI aceptable en áreas ETS.

5.3.1 Clasificación

Todos los espacios se deben clasificar como áreas libres de ETS o áreas ETS.

5.3.2 Presurización

Las áreas libres de ETS deben tener una presión positiva con respecto a cualquier área ETS adyacente o conectada.

Excepciones a 5.3.2:

1. Unidades de vivienda, incluidas las habitaciones de huéspedes de hoteles y moteles, y propiedades adyacentes de propiedad diferente con paredes de separación que sean estructuralmente independientes y que no contengan aberturas. Esta excepción debe aplicarse solo cuando:
 - a. las paredes de separación están construidas como barreras contra el humo de acuerdo con los requisitos de las normas aplicables;
 - b. las paredes de separación incluyen una barrera de aire que consta de una membrana continua o un tratamiento de superficie en la pared de separación que tiene resistencia documentada a las fugas de aire se debe mantener la continuidad de la barrera en las aberturas para tuberías, ductos y otros conductos y en los puntos donde la barrera se une las paredes exteriores y otras barreras; y
 - c. los corredores interiores comunes a ETS y áreas libres de ETS se alimentan mecánicamente con aire exterior a razón de $0,5 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$ ($0,1 \text{ cfm/ft}^2$).
2. Los espacios adyacentes que de otro modo requieran mantenerse a presión negativa y señalizarse debido a la presencia de materiales o vapores peligrosos o inflamables.

NOTA Ejemplos de métodos para demostrar la presión relativa incluyen análisis de ingeniería, medición de presión diferencial y medición de flujo de aire.

5.3.3 Separación

Las paredes sólidas, los pisos, los techos y las puertas equipados con mecanismos de cierre automático deben separar las áreas ETS de las áreas libres de ETS.

Excepción a 5.3.3: Se permiten aberturas sin puertas en la separación donde los sistemas de ingeniería están diseñados para proporcionar flujo de aire desde áreas libres de ETS hacia áreas ETS, a pesar de los remolinos que pueden ocurrir en las inmediaciones del límite entre el ETS y las áreas libres de ETS y flujo inverso que puede ocurrir debido a condiciones a corto plazo, como ráfagas de viento.

NOTA Ejemplos de métodos para demostrar el movimiento del aire son el análisis de ingeniería y el uso de un indicador de flujo de aire direccional en ubicaciones representativas en la abertura, como en centros de 0,3 m (1 pie) o en ubicaciones requeridas para conductos transversales en pruebas estandarizadas y procedimientos de equilibrio, como los descritos en Norma ASHRAE 111.

5.3.4 Aire de transferencia

Cuando se transfiere aire de áreas libres de ETS a áreas ETS, la tasa de flujo de aire de transferencia debe mantenerse independientemente de si las puertas o ventanas operables entre las áreas libres de ETS y las áreas ETS están abiertas o cerradas. Los medios aceptables para hacerlo incluyen aberturas fijas en puertas, paredes o pisos, rejillas de transferencia, conductos de transferencia o cámaras de aire sin conductos con diferenciales de presión de aire en cumplimiento con la subcláusula 5.3.2.

5.3.5 Recirculación

Los sistemas de manejo de aire y ventilación natural no deben recircular ni transferir aire de un área ETS a un área libre de ETS.

5.3.6 Sistemas de escape

El aire de escape o alivio de un área de ETS debe descargarse de manera que nada de aire se recircule de regreso a ningún área libre de ETS.

5.3.7 Señalización

Se debe ubicar un letrero afuera de cada entrada a cada área de ETS. El letrero debe indicar, como mínimo, "Esta área puede contener humo de tabaco ambiental", en letras de al menos 25 mm (1 pulgada) de altura o de otra manera que cumpla con las pautas de accesibilidad.

Excepción a 5.3.7: En lugar del letrero especificado, se pueden usar medios de notificación equivalentes aceptables para la Autoridad Competente.

NOTA Según la definición de "área ETS", dicho letrero podría colocarse fuera de un área ETS más grande que incluya el área donde se permite fumar.

5.3.8 Reclasificación

Se debe permitir que un área que anteriormente era un área ETS pero que ahora cumple con los requisitos de un área libre de ETS se clasifique como tal cuando la exposición al humo haya cesado y el olor y la irritación de los contaminantes residuales del ETS no sean evidentes.

5.4 Tomas de aire exterior

El sistema de ventilación de tomas de aire exterior se debe diseñar de acuerdo con los siguientes incisos.

5.4.1 Ubicación

Las tomas de aire exterior (incluidas las aberturas que se requieren como parte de un sistema de ventilación natural) se deben ubicar de tal manera que la distancia más corta desde la entrada hasta cualquier fuente de contaminación exterior potencial específica que se enumera en Tabla 1 sea igual o mayor que:

- a. la distancia de separación en la Tabla 1; o

- b. los métodos de cálculo de Anexo B y deben cumplir con todos los demás requisitos de esta subcláusula.

5.4.1.1 Salidas de escape/descarga

Los criterios de separación para las salidas de escape/alivio de Clase 2 y Clase 3 se aplican a la distancia desde las tomas de aire exterior para un sistema de ventilación hasta las salidas de escape y las salidas de alivio para cualquier otro sistema de ventilación.

5.4.1.2 Equipos que queman combustible

Las distancias mínimas relativas a los aparatos que funcionan con combustible deben ser las requeridas por ANSI Z223.1/NFPA 54 para aparatos y equipos que queman gas combustible, NFPA 31 para aparatos y equipos que queman aceite y NFPA 211 para otros aparatos y equipos de combustión.

Tabla 1 – Distancia mínima de separación de entrada de aire

Objeto	Distancia Mínima
	m (ft)
Escape de aire clase 2/salida de alivio	3 (10)
Escape de aire clase 3/salida de alivio	5 (15)
Escape de aire clase 4/salida de alivio	10 (30)
Escape del equipo de rechazo de calor por evaporación	7,5 (25)
Toma o depósito del equipo de rechazo de calor por evaporación	5 (15)
Calzada, calle o lugar de estacionamiento	1,5 (5)
Entrada de garaje, área de carga de automóviles o cola de entrada	5 (15)
Área de almacenamiento/recogida de basura, contenedores de basura	5 (15)
Ventilaciones de plomería que terminan al menos 3 pies (1 m) por encima del nivel de la entrada de aire exterior	1 (3)
Ventilaciones de plomería que terminan a menos de 3 pies (1 m) por encima del nivel de la entrada de aire exterior	3 (10)
Techo, grado ajardinado u otra superficie directamente debajo de la entrada	0,30 (1)
Vía con alto volumen de tráfico	7,5(25)
Área o muelle de carga de camiones, estacionamiento de autobuses/área de ralentí	7,5 (25)
Respiraderos, chimeneas y tiros de aparatos y equipos de combustión	5 (15)

5.4.1.3 Techo, pendiente ajardinada u otra superficie directamente debajo de la entrada

Cuando se prevea acumulación de nieve, la superficie de la nieve a la altura media prevista de la nieve se debe considerar una superficie directamente debajo de una bocatomá.

Excepción a 5.4.1.3: La distancia de separación mínima de Tabla 1 no se debe aplicar cuando las superficies exteriores debajo de la entrada de aire tengan una pendiente de más de 45 grados con respecto a la horizontal o cuando dichas superficies tengan menos de 30 mm (1 pulgada) de ancho.

5.4.1.4 Escape de laboratorio

Los criterios de separación para el escape de la campana de humos deben cumplir con ANSI/AIHA Z9.5.

5.4.2 Arrastre de lluvia

Las tomas de aire exterior que forman parte del sistema de ventilación mecánica deben diseñarse para gestionar el arrastre de lluvia de acuerdo con uno o más de los siguientes:

- a. Limitar la penetración de agua a través de la entrada a $21,5 \text{ g/m}^2\cdot\text{h}$ ($0,07 \text{ oz/ft}^2\cdot\text{h}$) del área de entrada cuando se pruebe con el aparato de prueba de lluvia descrito en UL 1995, cláusula 58.
- b. Seleccionar persianas que limiten la penetración de agua a un máximo de 3 g/m^2 ($0,01 \text{ oz/ft}^2$) de área libre de persianas a la máxima velocidad de entrada. Esta tasa de penetración de agua se debe determinar para una prueba de duración mínima de 15 min cuando se someta a una tasa de flujo de agua de 16 ml/s ($0,25 \text{ gal/min}$) como se describe en la prueba de penetración de agua en AMCA 500-L o equivalente. Controle el agua que penetra en la persiana proporcionando un área de drenaje o dispositivos para eliminar la humedad.
- c. Seleccionar persianas que restrinjan la penetración de la lluvia impulsada por el viento a menos de $721 \text{ g/m}^2\cdot\text{h}$ ($2,36 \text{ oz/ft}^2\cdot\text{h}$) cuando se someta a una lluvia simulada de 75 mm (3 pulg.) por hora y una velocidad de 13 m/s (29 mph) la velocidad del viento a la tasa de entrada de aire exterior de diseño con la velocidad del aire calculada en función del área de la cara de la persiana.

NOTA Este rendimiento corresponde a la Clase A (99% de efectividad) cuando se clasifica de acuerdo con AMCA 511 y se prueba según AMCA 500-L).

- d. Usar capotas de lluvia de tamaño no superior a $2,5 \text{ m/s}$ ($500 \text{ pies por minuto}$) con una entrada orientada hacia abajo, de modo que todo el aire de entrada pase hacia arriba a través de un plano horizontal que se cruza con las superficies sólidas de la capota antes de entrar en el sistema.
- e. Controlar el agua que penetra en la abertura de entrada proporcionando un área de drenaje o dispositivos para eliminar la humedad.

5.4.3 Intrusión de lluvia

Los equipos de manejo y distribución de aire montados al aire libre deben estar diseñados para evitar la intrusión de lluvia en la corriente de aire cuando se prueban con el flujo de aire de diseño y sin flujo de aire, utilizando el aparato de prueba de lluvia descrito en UL 1995, subcláusula 58.

5.4.4 Arrastre de nieve

Cuando el clima lo dicte, las tomas de aire exterior que forman parte del sistema de ventilación mecánica deben diseñarse de la siguiente manera para gestionar el agua de la nieve que se arrastra o se introduce en el sistema:

- a. Se deben proporcionar puertas de acceso para permitir la limpieza de las superficies mojadas.
- b. Los conductos o cámaras de aire exterior se deben inclinar hacia drenajes diseñados de acuerdo con los requisitos de 5.7.

5.4.5 Pantallas para pájaros

Las tomas de aire exterior deben incluir un dispositivo de protección diseñado para evitar la penetración de una sonda de 13 mm ($0,5 \text{ pulgadas}$) de diámetro. El material del dispositivo de detección debe ser resistente a la corrosión. Se debe ubicar el dispositivo de detección, o se deben tomar otras medidas, para evitar que las aves aniden dentro de la entrada de aire exterior.

NOTA Cualquier superficie horizontal puede ser objeto de anidamiento de aves.

5.5 Eliminación de partículas

Filtros de material particulado o purificadores de aire que tengan

- a. un MERV de no menos de 8 cuando esté clasificado de acuerdo con la norma ASHRAE 52.2; o
- b. la eficiencia mínima dentro de ISO ePM10 cuando se califique de acuerdo con ISO 16890 debe proporcionarse aguas arriba de todos los serpentines de enfriamiento u otros dispositivos con superficies húmedas a través de las cuales se suministra aire a un espacio utilizable.

Excepción a 5.5: Serpentines de enfriamiento diseñados, controlados y operados para proporcionar solo enfriamiento sensible.

5.6 Serpentines de tubos con aletas e intercambiadores de calor

5.6.1 Bandejas de drenaje

Se debe proporcionar una bandeja de drenaje, de acuerdo con 5.7, debajo de todos los ensamblajes de serpentín de enfriamiento deshumidificador y todos los intercambiadores de calor que producen condensación.

5.6.2 Selección de bobinas de tubos con aletas para limpieza

Se deben seleccionar serpentines de tubo con aletas individuales o múltiples serpentines de tubo con aletas en serie sin espacios de acceso intermedios de al menos 457 mm (18 in) para que no generen más de 187 Pa (0,75 in) de presión de serpentín seco combinada de agua caída a 2,54 m/s (500 fpm) de velocidad frontal.

5.7 Bandejas de drenaje

Las bandejas de drenaje, incluidas sus salidas y sellos, deben diseñarse y construirse de acuerdo con esta subcláusula.

5.7.1 Pendiente de la bandeja de drenaje

Las bandejas destinadas a recolectar y drenar agua líquida deben tener una pendiente de al menos 10 mm/m (0,125 pulg/pie) desde la horizontal hacia la salida de drenaje o se deben diseñar de otra manera de manera que el agua drene libremente de la bandeja, ya sea que el ventilador esté ENCENDIDO o APAGADO.

5.7.2 Salida de drenaje

La salida de la bandeja de drenaje debe estar ubicada en los puntos más bajos de la bandeja de drenaje y debe tener un tamaño que impida el desbordamiento de la bandeja de drenaje en cualquier condición de funcionamiento esperada normalmente.

5.7.3 Sello de drenaje

Para configuraciones que resultan en presión estática negativa en la bandeja de drenaje en relación con la salida de drenaje (como una unidad de extracción), la línea de drenaje debe incluir una trampa en P u otro dispositivo de sellado diseñado para mantener un sello contra la entrada de aire ambiental, al tiempo que permite el drenaje completo de la bandeja de drenaje en cualquier condición de funcionamiento normalmente esperada, ya sea que el ventilador esté ENCENDIDO o APAGADO.

5.7.4 Tamaño de la bandeja

La bandeja de drenaje debe ubicarse debajo del dispositivo productor de agua. El ancho de la bandeja de drenaje debe dimensionarse para recolectar gotas de agua en todo el ancho del dispositivo o conjunto de producción de agua. Para configuraciones de flujo de aire horizontal, la longitud de la bandeja de drenaje debe comenzar en la cara o borde delantero del dispositivo o conjunto productor de agua y extenderse aguas abajo desde la cara o borde de salida hasta una distancia de:

- a. la mitad de la dimensión vertical instalada del dispositivo o conjunto productor de agua; o
- b. según sea necesario para limitar el arrastre de gotas de agua más allá de la bandeja de drenaje a $1,5 \text{ ml/m}^2$ ($0,0044 \text{ oz/ft}^2$) de área frontal por hora en condiciones de diseño de punto de rocío máximo sensible y máximo, teniendo en cuenta tanto la carga latente como la velocidad frontal del serpentín.

5.8 Humidificadores y sistemas de rociado de agua

Los humidificadores de vapor y de evaporación directa, lavadores de aire, enfriadores de evaporación directa y otros sistemas de rociado de agua deben diseñarse de acuerdo con esta subcláusula.

5.8.1 Calidad del agua

La pureza del agua debe cumplir o exceder las normas de agua potable en el punto donde ingresa al sistema de ventilación, espacio o generador de vapor de agua. El vapor de agua generado no debe contener aditivos químicos distintos de los químicos en un sistema de agua potable.

Excepciones a 5.8.1:

1. Sistemas de rociado de agua que usan aditivos químicos que cumplen con la Norma 60 de NSF/ANSI.
2. Aditivos para agua de calderas que cumplan con los requisitos de 21 CFR 173.310 e incluyan dispositivos de dosificación automatizados.

5.8.2 Obstrucciones

Los filtros de aire o las obstrucciones de conductos, como paletas giratorias, amortiguadores de volumen y desviaciones de conductos de más de 15 grados, que se instalan aguas abajo de los humidificadores o los sistemas de rociado de agua deben ubicarse a una distancia mayor o igual que la distancia de absorción, recomendado por el fabricante del humidificador o del sistema de rociado de agua.

Excepción 5.8.2: Se debe permitir que equipos tales como eliminadores, serpentines o medios de evaporación estén ubicados dentro de la distancia de absorción recomendada por el fabricante, siempre que se use una bandeja de drenaje que cumpla con los requisitos de 5.7 para capturar y eliminar el agua que cae fuera de la corriente de aire debido al impacto en estas obstrucciones.

5.9 Dispositivos generadores de ozono

El uso de dispositivos generadores de ozono debe cumplir con las siguientes cláusulas.

Excepción a 5.9: Dispositivos electrónicos usados exclusivamente para la operación de equipos y controles HVAC.

NOTA Se espera que la generación de ozono provenga de generadores de ozono, tecnología de descarga de corona, algunas luces ultravioletas, dispositivos electrónicos que crean reacciones químicas dentro del sistema y algunos dispositivos que utilizan un alto voltaje (> 480 V). Los motores y relés son ejemplos de dispositivos electrónicos que estarían exentos.

5.9.1 Dispositivos de limpieza de aire

Los dispositivos de limpieza de aire deben estar listados y etiquetados de acuerdo con UL 2998.

NOTA Se debería evitar el uso de dispositivos no destinados a la limpieza del aire con potencial para generar ozono.

5.9.2 Dispositivos ultravioleta

Los dispositivos que generan ultravioleta en el aire de suministro o en los espacios no deben transmitir longitudes de onda de 185 nm.

NOTA Los dispositivos ultravioletas utilizados en el tratamiento de sistemas de agua cerrados pueden producir longitudes de onda de 185 nm, lo que puede generar ozono.

5.10 Distribución del aire de ventilación

Los sistemas de ventilación se deben diseñar de acuerdo con los requisitos de las siguientes subcláusulas.

5.10.1 Diseño para equilibrar el aire

Se deben proporcionar sistemas de distribución de aire de ventilación que permitan la verificación de campo del flujo de entrada de aire exterior (V_{O1}) durante la operación.

5.10.1.1 Diseño para cargas y condiciones de operación variables

El sistema de distribución de aire de ventilación para aplicaciones de volumen de aire variable (VAV) y volumen de aire constante de varias velocidades debe estar provisto de medios para ajustar el sistema para lograr al menos el flujo de aire de ventilación mínimo según se requiera por la cláusula 6 bajo cualquier condición de carga o condición de reinicio dinámico.

5.10.2 Sistemas de cámara de aire

Cuando la cámara de aire de techo o piso se usa tanto para recircular el aire de retorno como para distribuir el aire de ventilación a las unidades terminales montadas en el techo o en el piso, el sistema se debe diseñar de manera que cada espacio cuente con el flujo de aire de ventilación mínimo requerido.

NOTA Los sistemas con conexión directa de conductos de aire de ventilación a unidades terminales, por ejemplo, cumplen con este requisito.

5.10.3 Documentación

Los documentos de diseño deben especificar los requisitos mínimos para las pruebas de equilibrio de aire o hacer referencia a las normas nacionales aplicables para medir y equilibrar el flujo de aire. La documentación de diseño debe indicar las suposiciones que se hicieron en el diseño con respecto a las tasas de ventilación y la distribución del aire.

5.11 Superficies de corrientes de aire

Todas las superficies de corrientes de aire en equipos y conductos en el sistema HVAC se deben diseñar y construir de acuerdo con los requisitos de las siguientes subcláusulas.

5.11.1 Resistencia al crecimiento de moho

Se debe determinar que las superficies de los materiales sean resistentes al crecimiento de moho de acuerdo con un método de prueba estandarizado, como la prueba de crecimiento de moho y humedad en UL 181, ASTM C1338 o ASTM D3273.

Excepción a 5.11.1: Superficies de láminas de metal y sujetadores de metal.

NOTA Incluso con esta resistencia, cualquier superficie de flujo de aire que se humedezca continuamente aún está sujeta al crecimiento microbiano.

5.11.2 Resistencia a la erosión

Los materiales de la superficie de la corriente de aire se deben evaluar de acuerdo con la prueba de erosión de UL 181 y no deben romperse, agrietarse, pelarse, descascararse ni mostrar evidencia de delaminación o erosión continua bajo las condiciones de la prueba.

Excepción a 5.11.2: Superficies de láminas de metal y sujetadores de metal.

5.12 Edificios enfriados mecánica o indirectamente por evaporación

Los sistemas que enfrían por medios mecánicos o por evaporación indirecta deben estar diseñados para limitar la humedad interior a un punto de rocío máximo de 15 °C (60 °F) durante las horas ocupadas y desocupadas cuando el punto de rocío del aire exterior esté por encima de 15 °C (60 °F). El límite del punto de rocío no se debe exceder cuando el rendimiento del sistema se analiza con aire exterior en la condición de diseño de deshumidificación (es decir, punto de rocío de diseño y temperaturas medias de bulbo seco coincidentes) y con las cargas interiores del espacio (sensibles y latentes)) a valores de diseño de enfriamiento y cargas solares espaciales a cero.

Excepciones a 5.12:

1. Espacios equipados con materiales, ensamblajes, revestimientos y muebles que resistan el crecimiento microbiano y que no se dañen por la humedad del aire interior continuamente alta.
2. Durante los períodos de desocupación durante la noche que no excedan las 12 h, el límite de punto de rocío de 15 °C (60 °F) no se debe aplicar, siempre que la humedad relativa interior no exceda el 65% en ningún momento durante esas horas.

NOTA 1 Ejemplos de espacios que están potencialmente exentos por la Excepción 1 son cuartos de baño, recintos de piscinas, cocinas, cuartos de spa o espacios de almacenamiento semifrío que contienen contenidos almacenados que no están dañados por la humedad del aire interior continuamente alta o el crecimiento microbiano.

NOTA 2 Este requisito reduce el riesgo de crecimiento microbiano en los edificios y sus espacios intersticiales, porque limita la masa de vapor de agua interior que puede condensarse o ser absorbido por superficies enfriadas mecánicamente. El límite del punto de rocío se extiende explícitamente a las horas desocupadas debido al extenso registro público de crecimiento de moho en escuelas, departamentos, dormitorios y edificios públicos que se enfrían de forma intermitente durante las horas desocupadas cuando el punto de rocío del aire exterior está por encima de los 15 °C (60 °F).

5.13 Clasificación y recirculación del aire

El aire se debe clasificar y limitar su recirculación de acuerdo con los siguientes incisos.

5.13.1 Clasificación

El aire (aire de retorno, transferencia o escape) que sale de cada espacio o ubicación debe designarse en una clasificación de calidad del aire esperada no menor que la que se muestra en Tabla 2, 3 ó 4 o según lo aprobado por la Autoridad Competente. Los espacios o ubicaciones de salida de aire que no se enumeran en Tabla 2, 3 ó 4 se deben designar con la misma clasificación que el aire del espacio o ubicación más similar enumerados en términos de actividades de los ocupantes y construcción del edificio.

Excepción a 5.13.1: Aire de espacios donde está presente ETS. (No se aborda la clasificación del aire de los espacios donde está presente ETS. Los espacios que se espera que incluyan ETS no tienen una clasificación enumerada en Tabla 2).

NOTA Las clasificaciones en Tabla 2, 3 ó 4 se basan en la concentración relativa de contaminantes utilizando los siguientes criterios subjetivos:

1. Clase 1: Aire con baja concentración de contaminantes, baja intensidad de irritación sensorial y olor inofensivo.
2. Clase 2: Aire con concentración moderada de contaminantes, intensidad de irritación sensorial leve u olores levemente ofensivos. (El aire de Clase 2 también incluye aire que no es necesariamente dañino u objetable pero que es inapropiado para transferir o recircular a espacios utilizados para diferentes propósitos).
3. Clase 3: Aire con una concentración significativa de contaminantes, una intensidad significativa de irritación sensorial u olor desagradable.
4. Clase 4: Aire con humos o gases altamente objetables o con partículas, bioaerosoles o gases potencialmente peligrosos, en concentraciones lo suficientemente altas como para ser consideradas nocivas.

5.13.2 Redesignación

5.13.2.1 Limpieza del aire

Si el aire que sale de un espacio o ubicación pasa a través de un sistema de limpieza de aire, se debe permitir la reclasificación del aire limpio a una clasificación más limpia según los siguientes requisitos:

- a. Aire clase 2 cuando se base en los criterios subjetivos de la Nota informativa de la subcláusula 5.13.1 y cuando sea aprobado por la Autoridad Competente.
- b. Aire Clase 3 y Clase 4 cuando se cumplen todos los requisitos de subcláusulas 6.3.1 a 6.3.5.

5.13.2.2 Transferencia

Una mezcla de aire que haya sido transferida a través o devuelta de espacios o ubicaciones con diferentes clases de aire debe redesignarse con la clasificación más alta entre las clases de aire mezclado.

NOTA Por ejemplo, el aire de retorno mixto a un sistema común que sirve tanto a un espacio de Clase 1 como a un espacio de Clase 2 se designa como aire de Clase 2.

5.13.2.3 Espacios auxiliares

La redesignación de aire de Clase 1 a aire de Clase 2 se debe permitir para espacios de Clase 1 que son auxiliares de espacios de Clase 2.

NOTA Por ejemplo, una oficina dentro de un restaurante puede designarse como un espacio auxiliar de un espacio de Clase 2, lo que permite que la oficina reciba aire de Clase 2.

5.13.3 Limitaciones de recirculación

Cuando se utiliza el Procedimiento de tasa de ventilación (VRP) de la cláusula 6 para determinar los valores de flujo de aire de ventilación, la recirculación de aire se debe limitar de acuerdo con los requisitos de esta subcláusula.

5.13.3.1 Aire Clase 1

Recirculación o transferencia de aire Clase 1 a cualquier espacio que se debe permitir.

5.13.3.2 Aire Clase 2

5.13.3.2.1 La recirculación de aire Clase 2 dentro del espacio de origen se debe permitir.

5.13.3.2.2 Se debe permitir la recirculación o transferencia de aire de Clase 2 a otros espacios de Clase 2 o Clase 3, siempre que los otros espacios se utilicen para el mismo o similar propósito o tarea e involucren las mismas o similares fuentes de contaminantes que el espacio de Clase 2.

5.13.3.2.3 Transferencia de aire Clase 2 a cuartos de baño se debe permitir.

5.13.3.2.4 La recirculación o transferencia de aire Clase 2 a espacios Clase 4 se debe permitir.

5.13.3.2.5 El aire de Clase 2 no debe recircular ni transferirse a espacios de Clase 1.

Excepción a 5.13.3.2.5: Cuando se utiliza cualquier dispositivo de recuperación de energía, se permite la recirculación de fugas, arrastre o transferencia desde el lado de escape del dispositivo de recuperación de energía, pero no debe contarse como aire exterior. La relación de transferencia de aire de escape del aire de Clase 2 no debe exceder el 10% del flujo de entrada de aire exterior en el diferencial de presión estática de diseño como se define en AHRI 1060.

5.13.3.3 Aire Clase 3

5.13.3.3.1 La recirculación de aire Clase 3 dentro del espacio de origen se debe permitir.

5.13.3.3.2 El aire Clase 3 no debe recircular ni transferirse a ningún otro espacio.

Excepción a 5.13.3.3.2: Cuando se utiliza cualquier dispositivo de recuperación de energía, se permite la recirculación de fugas, arrastre o transferencia desde el lado de escape del dispositivo de recuperación de energía, pero no se debe contar como aire exterior. La relación de transferencia de aire de escape del aire Clase 3 no debe exceder el 5% del flujo de entrada de aire exterior en el diferencial de presión estática de diseño como se define en AHRI 1060.

5.13.3.4 Aire Clase 4

El aire de Clase 4 no debe recircular ni transferir a ningún espacio ni recircular dentro del espacio de origen.

5.13.4 Documentación

La documentación de diseño debe indicar la justificación para la clasificación del aire de cualquier categoría de ocupación, corriente de aire o ubicación no listada en Tabla 2, 3 ó 4.

5.14 Ubicación del conducto de escape

5.14.1 Los conductos de escape que transportan aire Clase 4 deben estar presurizados negativamente en relación con los conductos, cámaras o espacios utilizables a través de los cuales pasan los conductos.

5.14.2 Los conductos de escape bajo presión positiva que transportan aire de Clase 2 o Clase 3 no deben extenderse a través de conductos, cámaras o espacios utilizables que no sean el espacio del que se extrae el aire de escape.

Excepción a 5.14.2: Conductos de escape que transportan aire de Clase 2 y conductos de escape que transportan aire de campanas de cocinas residenciales que están selladas de acuerdo con el Sello Clase A de SMACNA.

5.15 Aire de combustión

Los artefactos que queman combustible, tanto ventilados como sin ventilar, deben estar provistos de aire para la combustión y la eliminación de los productos de la combustión de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Los productos de la combustión de los aparatos ventilados deben ventilarse directamente al exterior.

5.16 Captura local de contaminantes

La descarga del equipo que no es de combustión que captura los contaminantes generados por el equipo debe conducirse directamente al exterior.

Excepción a 5.16: Equipo diseñado específicamente para descargar en interiores de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

5.17 Exfiltración del edificio

Los sistemas de ventilación para un edificio equipado o alimentado por equipo de enfriamiento mecánico deben diseñarse de manera que la entrada de aire exterior total del edificio sea igual o exceda el escape total del edificio en todas las condiciones de carga y restablecimiento dinámico.

Excepciones a 5.17:

1. Cuando se requiera un desequilibrio por consideraciones de proceso y aprobado por la Autoridad Competente, como en ciertas instalaciones industriales.
2. Cuando la temperatura de bulbo seco del aire exterior está por debajo de la temperatura de diseño del punto de rocío del espacio interior.

NOTA Aunque las zonas individuales dentro de un edificio pueden ser neutras o negativas con respecto al exterior o a otras zonas, el flujo de aire de entrada mecánico positivo neto para el edificio como un todo reduce la infiltración de aire exterior no tratado.

5.18 Controles del sistema de ventilación

Los sistemas de ventilación mecánica deben incluir controles de acuerdo con las siguientes subcláusulas.

5.18.1 Todos los sistemas deben contar con controles manuales o automáticos para mantener no menos del flujo de entrada de aire exterior (V_{ot}) requerido por la cláusula 6 en todas las condiciones de carga o condiciones de restablecimiento dinámico.

5.18.2 Los sistemas con ventiladores que suministren aire primario variable (V_{ps}) deben contar con cualquier combinación de equipos, métodos o dispositivos de control para mantener no menos del flujo de entrada de aire exterior (V_{ot}) requerido para cumplir con la subcláusula 5.18.1.

5.19 Acceso para inspección, limpieza y mantenimiento

5.19.1 Espacio libre del equipo

El equipo de ventilación debe instalarse con un espacio de trabajo que permita la inspección y el mantenimiento de rutina, incluido el reemplazo del filtro y el ajuste y reemplazo de la correa del ventilador.

5.19.2 Acceso al equipo de ventilación

Se deben proporcionar puertas de acceso, paneles u otros medios y dimensionarse para permitir el acceso sin obstrucciones para la inspección, el mantenimiento y la calibración de todos los componentes del sistema de ventilación para los cuales es necesaria la inspección, el mantenimiento o la calibración de rutina. Los componentes del sistema de ventilación incluyen unidades de tratamiento de aire, unidades fancoil, bombas de calor de fuente de agua, otras unidades terminales, controladores y sensores.

5.19.3 Sistema de distribución de aire

Se deben proporcionar puertas de acceso, paneles u otros medios en el equipo de ventilación, ductos y cámaras de aire, ubicados y dimensionados para permitir un acceso conveniente y sin obstrucciones para la inspección, limpieza y mantenimiento de rutina de lo siguiente:

- a. Áreas de entrada de aire exterior o cámaras de aire.
- b. Plenums de aire mixto.
- c. Superficie aguas arriba de cada serpentín o conjunto de serpentín de calefacción, refrigeración y recuperación de calor que tenga un total de cuatro filas o menos.
- d. Tanto la superficie aguas arriba como aguas abajo de cada serpentín de calefacción, refrigeración y recuperación de calor que tenga un total de más de cuatro filas, y lavadores de aire, enfriadores evaporativos, ruedas de calor y otros intercambiadores de calor.
- e. Filtros de aire.
- f. Bandejas de drenaje y sellos de drenaje.
- g. Aficionados.
- h. Humidificadores.

5.20 Riesgo de legionela

El propietario del edificio debe recibir documentación escrita de la información de diseño para todos los sistemas y elementos de agua relacionados con HVAC que deben abordarse según ANSI/ASHRAE 188.

NOTA Los elementos típicos del sistema HVAC abordados por la ANSI/ASHRAE 188 incluyen torres de enfriamiento de circuito abierto y cerrado y condensadores evaporativos que brindan enfriamiento o refrigeración para el sistema HVAC y los sistemas de humidificación. Este requisito está relacionado con la influencia de HVAC en el riesgo de enfermedad del legionario, pero es importante tener en cuenta que existen múltiples fuentes de transmisión potencial de agua a personas dentro de edificios que funcionan con agua potable, como cabezales de ducha, algunos humidificadores y máquinas de hielo, como, así como fuentes no potables que no están asociadas con HVAC, como fuentes decorativas de agua.

6 Procedimientos

6.1 Generalidades

El Procedimiento de Tasa de Ventilación (VRP), el Procedimiento de Calidad del Aire Interior (PCAI), el Procedimiento de Ventilación Natural, o una combinación de estos se deben utilizar para cumplir con los requisitos de esta subcláusula. Además, los requisitos para la ventilación por extracción en la subcláusula 6.5 deben cumplirse independientemente del método utilizado para determinar las tasas mínimas de flujo de aire exterior.

NOTA Aunque el flujo de aire de admisión determinado con cada uno de estos enfoques puede diferir significativamente debido a las suposiciones sobre el diseño, cualquiera de estos enfoques es una base válida para el diseño.

6.1.1 Procedimiento de tasa de ventilación

El procedimiento de diseño prescriptivo presentado en 6.2, en el que las tasas de entrada de aire exterior se determinan según el tipo/aplicación de espacio, el nivel de ocupación y el área del piso, se debe permitir para cualquier zona o sistema.

6.1.2 Procedimiento de calidad del aire interior

El PCAI es una alternativa al VRP que se usa para determinar la tasa de diseño del flujo de aire exterior para mantener las concentraciones de compuestos de diseño (CD) y MP_{2,5} en el ambiente interior por debajo de los límites de diseño (DL), según los límites de diseño interior y exterior, fuentes exteriores, limpieza del aire y otras variables. Estos requisitos de aire exterior se deben calcular con ecuaciones de balance de masa. La verificación de la satisfacción de los ocupantes y las concentraciones de CC en el interior se debe realizar después de que se complete el edificio.

6.1.3 Procedimiento de ventilación natural

El procedimiento de diseño de sistema prescriptivo o de ingeniería presentado en 6.4, en el que se proporciona aire exterior a través de aberturas al exterior, se debe permitir para cualquier zona o parte de una zona junto con sistemas de ventilación mecánica de acuerdo con 6.4.

6.1.4 Tratamiento del aire exterior

Cada sistema de ventilación que proporcione aire exterior debe cumplir con las subcláusulas 6.1.4.1 a 6.1.4.4.

Excepción a 6.1.4: Sistemas que suministran aire para estacionamientos cerrados, almacenes, cuartos de almacenamiento, armarios de conserjería, cuartos de basura, áreas de reciclaje, áreas de envío/recepción/distribución.

NOTA Los espacios ocupados ventilados con aire exterior que se considera inaceptable están sujetos a una calidad de aire reducida cuando el aire exterior no se limpia antes de introducirlo en los espacios ocupados.

6.1.4.1 Material particulado de menos de 10 micrómetros (MP10)

En edificios ubicados en un área donde se exceda la norma o la guía nacional para MP10, se deben proporcionar filtros de partículas o dispositivos de limpieza de aire para limpiar el aire exterior en cualquier lugar antes de su introducción en los espacios ocupados. Los filtros de material particulado o filtros de aire deben tener:

- a. un MERV de no menos de 8 cuando esté clasificado de acuerdo con la norma ASHRAE 52.2; o
- b. la eficiencia mínima dentro de ISO ePM10 se clasificó de acuerdo con ISO 16890.

NOTA Ver Anexo E para obtener recursos relacionados con las normas y guías nacionales seleccionadas de MP10.

6.1.4.2 Material particulado de menos de 2,5 micrómetros (MP2,5)

En edificios ubicados en un área donde se exceda la norma o la guía nacional para MP2,5, se deben proporcionar filtros de partículas o dispositivos de limpieza de aire para limpiar el aire exterior en cualquier lugar antes de su introducción en los espacios ocupados. Los filtros de material particulado o filtros de aire deben tener:

- a. un MERV de no menos de 11 cuando esté clasificado de acuerdo con la norma ASHRAE 52.2; o
- b. la eficiencia mínima dentro de ISO ePM2,5 donde se clasificó de acuerdo con ISO 16890.

NOTA Ver Anexo E para obtener información relacionada con las normas y guías internacionales seleccionadas para MP2,5.

6.1.4.3 Ozono

Se deben proporcionar dispositivos de limpieza de aire para ozono cuando el promedio anual de tres años más reciente, el cuarto más alto, el promedio diario máximo de 8 h de concentración de ozono supere las 0,100 ppm (195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dichos dispositivos de limpieza de aire deben tener una eficiencia de eliminación volumétrica de ozono de no menos del 40% cuando se instalen, operen y mantengan de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y deben aprobarse por la Autoridad Competente. Dichos dispositivos deben operarse donde se espera que los niveles de ozono en el exterior superen las 0,100 ppm (195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Excepciones a 6.1.4.3: No se debe requerir limpieza del aire para ozono cuando

1. el flujo de entrada de aire exterior del diseño del sistema es de 1,5 ach o menos;

2. se proporcionan controles que detectan el nivel de ozono exterior y reducen el flujo de aire de admisión a 1,5 ach o menos mientras se cumple con los requisitos de flujo de aire exterior de la cláusula 6; o
3. el aire exterior se introduce en el edificio y se calienta mediante unidades de aire de reposición de fuego directo.

6.1.4.4 Otros contaminantes exteriores

En edificios ubicados en un área donde se exceda la norma nacional para uno o más contaminantes no abordados en la subcláusula 6.1.4, cualquier suposición de diseño y cálculos relacionados con el impacto en CAI deben incluirse en el documento de diseño.

6.2 Procedimiento de tasa de ventilación

El flujo de entrada de aire exterior (V_{ot}) para un sistema de ventilación debe determinarse de acuerdo con la subcláusula 6.1.4 y las subcláusulas 6.2.1 a 6.2.6.

NOTA El Anexo A contiene una explicación adicional de los términos utilizados a continuación, junto con un esquema del sistema de ventilación (ver Figura A.1).

6.2.1 Cálculos de zona

Los parámetros de la zona de ventilación deben determinarse de acuerdo con las subcláusulas 6.2.1.1 a la subcláusula 6.2.1.3 para las zonas de ventilación servidas por el sistema de ventilación, excepto que las tasas de ventilación de ASHRAE/ASHE 170 deben usarse para las categorías de ocupación dentro del alcance de ASHRAE/ASHE 170. Para instalaciones ambulatorias fuera del alcance de ASHRAE/ASHE 170, ver el Anexo D.

NOTA Las tasas de ventilación en ASHRAE/ASHE 170 están destinadas a lograr la asepsia y controlar la migración de olores y pueden no ser adecuadas para lograr una CAI aceptable como se define en NCh3308.

6.2.1.1 Flujo de aire exterior de la zona de respiración

El flujo de aire exterior requerido en la zona de respiración (V_{bz}) del espacio o espacios utilizables en una zona de ventilación no debe ser menor que el valor determinado de acuerdo con la Ecuación 1.

$$V_{bc} = R_p \times P_z + R_a \times A_z \quad (1)$$

en que:

A_z = área de piso de la zona, el área neta de piso utilizable de la zona de ventilación, ft² (m²);

P_z = población de la zona, el número de personas en la zona de ventilación durante el uso.

Tabla 2 – Tasas de ventilación mínimas en la zona de respiración

Categoría de ocupación	Personas tasa aire exterior R_p		Tasa de aire exterior del área R_a		Valores predeterminados	Clase de aire	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/persona	L/s persona	cfm/ft ²	L/s.m ²	Densidad de ocupantes* #/1 000 ft ² o #/100 m ²		
Sala de examen de animales (consultorio veterinario)	10	5	0,12	0,6	20	3	
Imágenes de animales (MRI/CT/PET)	10	5	0,18	0,9	20	3	
Quirófanos de animales	10	5	0,18	0,9	20	3	
Sala de recuperación postoperatoria de animales	10	5	0,18	0,9	20	3	
Salas de preparación de animales	10	5	0,18	0,9	20	3	
Sala de procedimientos con animales	10	5	0,18	0,9	20	3	
Exfoliante de cirugía animal	10	5	0,18	0,9	20	3	
Sala de espera de animales grandes	10	5	0,18	0,9	20	3	
Necropsia	10	5	0,18	0,9	20	3	
Sala de jaulas para animales pequeños (jaulas estáticas)	10	5	0,18	0,9	20	3	
Sala de jaulas para animales pequeños (jaulas ventiladas)	10	5	0,18	0,9	20	3	
Instituciones correccionales							
Reserva/Espera	7,5	3,8	0,06	0,3	50	2	
Celda	5	2,5	0,12	0,6	25	2	
Sala de Estar	5	2,5	0,06	0,3	30	1	
Puestos de Guardia	5	2,5	0,06	0,3	15	1	
Instalaciones educativas							
Aula de arte	10	5	0,18	0,9	20	2	
Aulas (de 5 a 8 años)	10	5	0,12	0,6	25	1	
Aulas (mayores de 9 años)	10	5	0,12	0,6	35	1	
Laboratorio de computación	10	5	0,12	0,6	25	1	
Guardería para enfermos	10	5	0,18	0,9	25	3	
Guardería (hasta los 4 años)	10	5	0,18	0,9	25	2	
Aula de lectura	7,5	3,8	0,06	0,3	65	1	√
Sala de conferencias (asientos fijos)	7,5	3,8	0,06	0,3	150	1	√
Bibliotecas	5	2,5	0,12	0,6	10		
Centro de medios	10	5	0,12	0,6	25	1	
Montaje multiusos	7,5	3,8	0,06	0,3	100	1	√
Música/teatro/danza	10	5	0,06	0,3	35	1	√

(continúa)

Tabla 2 – Tasas de ventilación mínimas en la zona de respiración (continuación)

Categoría de ocupación	Personas tasa aire exterior R_p		Tasa de aire exterior del área R_a		Valores predeterminados	Clase de aire	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/persona	L/s persona	cfm/ft ²	L/s·m ²	Densidad de ocupantes* #/1 000 ft ² o #/100 m ²		
Laboratorios de ciencia	10	5	0,18	0,9	25	2	
Laboratorios universitarios/universitarios	10	5	0,18	0,9	25	2	
Taller de madera/metal	10	5	0,18	0,9	20	2	
Servicio de comidas y bebidas							
Bares, coctelerías	7,5	3,8	0,18	0,9	100	2	
Cafetería/comida rápida	7,5	3,8	0,18	0,9	100	2	
Cocina (cocinar)	7,5	3,8	0,12	0,6	20	2	
Comedores de restaurante	7,5	3,8	0,18	0,9	70	2	
General							
Salas de descanso	5	2,5	0,06	0,3	25	1	√
Estaciones de café	5	2,5	0,06	0,3	20	1	√
Reunión de conferencia	5	2,5	0,06	0,3	50	1	√
Corredores	-	-	0,06	0,3	-	1	√
Almacenes utilizables para líquidos o geles	5	2,5	0,12	0,6	2	2	
Hoteles, moteles, centros turísticos, dormitorios							
Áreas para dormir en los cuarteles	5	2,5	0,06	0,3	20	1	√
Dormitorio sala de estar	5	2,5	0,06	0,3	10	1	√
Cuartos de lavado, central	5	2,5	0,12	0,6	10	2	
Cuartos de lavado en las unidades de vivienda	5	2,5	0,12	0,6	10	1	
Lobbies/Vestíbulos	7,5	3,8	0,06	0,3	30	1	√
Montaje multipropósito	5	2,5	0,06	0,3	120	1	√
Espacios misceláneos							
Bancos o vestíbulos de bancos	7,5	3,8	0,06	0,3	15	1	√
Bóvedas de banco/caja fuerte	5	2,5	0,06	0,3	5	2	√
Computadora (sin imprimir)	5	2,5	0,06	0,3	4	1	√
Congeladores y espacios refrigerados (< 50 °F [10 °C])	10	5	0	0	0	2	
Fabricación donde no se utilizan materiales peligrosos	10	5,0	0,18	0,9	7	2	
Manufactura donde se usan materiales peligrosos (excluye procesos químicos e industriales pesados)	10	5,0	0,18	0,9	7	3	

(continúa)

Tabla 2 – Tasas de ventilación mínimas en la zona de respiración (continuación)

Categoría de ocupación	Personas tasa aire exterior R_p		Tasa de aire exterior del área R_a		Valores predeterminados Densidad de ocupantes*	Clase de aire	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/persona	L/s persona	cfm/ft ²	L/s.m ²			
Farmacia (área de preparación)	5	2,5	0,18	0,9	10	2	
Estudios fotográficos	5	2,5	0,12	0,6	10	1	
Recepción del envío	10	5	0,12	0,6	2	2	
Clasificación, embalaje, montaje ligero	7,5	3,8	0,12	0,6	7	2	
Armarios telefónicos	-	-	0,00	0,0	-	1	
Paraderos de transporte	7,5	3,8	0,06	0,3	100	1	√
Almacenes	10	5	0,06	0,3	-	2	
Edificios de oficinas							
Salas de descanso	5	2,5	0,12	0,6	50	1	
Vestíbulos de la entrada principal	5	2,5	0,06	0,3	10	1	√
Almacenes utilizables para materiales secos	5	2,5	0,06	0,3	2	1	
Espacio de oficina	5	2,5	0,06	0,3	5	1	√
Áreas de recepción	5	2,5	0,06	0,3	30	1	√
Entrada de teléfono/datos	5	2,5	0,06	0,3	60	1	√
Espacios públicos de reunión							
Zona de asientos del auditorio	5	2,5	0,06	0,3	150	1	√
Salas de audiencias	5	2,5	0,06	0,3	70	1	√
Cámaras legislativas	5	2,5	0,06	0,3	50	1	√
bibliotecas	5	2,5	0,12	0,6	10	1	
Vestíbulos	5	2,5	0,06	0,3	150	1	√
Museos (infantil)	7,5	3,8	0,12	0,6	40	1	
Museos/galerías	7,5	3,8	0,06	0,3	40	1	√
Lugares de culto religioso	5	2,5	0,06	0,3	120	1	√
Residencial							
Pasillos comunes	-	-	0,06	0,3		1	√
Retail, Venta minorista							
Ventas (excepto como se indica a continuación)	7,5	3,8	0,12	0,6	15	2	
Peluquería	7,5	3,8	0,06	0,3	25	2	√
Salones de belleza y uñas	20	10	0,12	0,6	25	2	
Lavanderías que funcionan con monedas	7,5	3,8	0,12	0,6	20	2	

(continúa)

Tabla 2 – Tasas de ventilación mínimas en la zona de respiración (conclusión)

Categoría de ocupación	Personas tasa aire exterior R_p		Tasa de aire exterior del área R_a		Valores predeterminados	Clase de aire	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/persona	L/s persona	cfm/ft ²	L/s·m ²	Densidad de ocupantes* #/1 000 ft ² o #/100 m ²		
Zonas comunes del centro comercial	7,5	3,8	0,06	0,3	40	1	√
Tiendas de mascotas (áreas de animales)	7,5	3,8	0,18	0,9	10	2	
Supermercado	7,5	3,8	0,06	0,3	8	1	√
Deportes y Entretenimiento							
Bolera (asientos)	10	5	0,12	0,6	40	1	
Pistas de discoteca/baile	20	10	0,06	0,3	100	2	√
Casinos de juego	7,5	3,8	0,18	0,9	120	1	
Salas de juego	7,5	3,8	0,18	0,9	20	1	
Gimnasio, polideportivo (área de juegos)	20	10	0,18	0,9	7	2	
Club de salud/sala de aeróbicos	20	10	0,06	0,3	40	2	
Club de salud/salas de pesas	20	10	0,06	0,3	10	2	
Áreas de espectadores	7,5	3,8	0,06	0,3	150	1	√
Escenarios, estudios	10	5	0,06	0,3	70	1	√
Natación (piscina y deck)	-	-	0,48	2,4	-	2	

* Estos valores son de carácter referencial.

Tabla 3 – Tasas mínimas de escape

Categoría de ocupación	Tasa de escape	Tasa de escape	Notas	Tasa de escape	Tasa de escape	Clase de aire
	cfm/unit	cfm/ft ²		L/s-unit	L/s·m ²	
Instalaciones para animales						
Imágenes de animales (MRI/CT/PET)	-	0,90		-	4,5	3
Quirófanos de animales	-	3,00		-	15	3
Sala de recuperación postoperatoria de animales	-	1,50		-	7,5	3
Salas de preparación de animales	-	1,50		-	7,5	3
Sala de procedimientos con animales	-	2,25		-	11,3	3
Exfoliante de cirugía animal	-	1,50		-	7,5	3
Sala de espera de animales grandes	-	2,25		-	11,3	3
Necropsia	-	2,25		-	11,3	3
Sala de jaulas para animales pequeños (jaulas estáticas)	-	2,25		-	11,3	3
Sala de jaulas para animales pequeños (jaulas ventiladas)	-	1,50		-	7,5	3
Estadios	-	0,50	B	-	-	1
Aulas de arte	-	0,70		-	3,5	2

(continúa)

Tabla 3 – Tasas mínimas de escape (conclusión)

Categoría de ocupación	Tasa de escape	Tasa de escape	Notas	Tasa de escape	Tasa de escape	Clase de aire
	cfm/unit	cfm/ft ²		L/s-unit	L/s·m ²	
Salas de reparación de automóviles	-	1,50	A		7,5	2
Barberías	-	0,50			2,5	2
Salones de belleza y uñas	-	0,60			3,0	2
Células con toile	-	1,00			5,0	2
Copias, salas de impresión	-	0,50			2,5	2
Cuartos oscuros	-	1,00			5,0	2
Laboratorios de ciencias de la educación	-	1,00			5,0	2
Armarios de conserjería, cuartos de basura, reciclaje	-	1,00			5,0	3
Cocinetas	-	0,30			1,5	2
Cocinas-comerciales	-	0,70			3,5	2
Vestuarios para deportistas, industriales y sanitarios	-	0,50			2,5	2
instalaciones de cuidado						
Todos los demás vestuarios	-	0,25			1,25	2
Duchas	20/50		G, I	10/25		2
Cabinas de pintura	-	-	F	-	-	4
Garajes de estacionamiento	-	0,75	C	-	3,7	2
Tiendas de mascotas (áreas de animales)	-	0,90	-	-	4,5	2
Salas de máquinas frigoríficas	-	-	F	-	-	3
Cocinas residenciales	50/100	-	G	25/50	-	2
Trasteros de ropa sucia	-	1,00	F	-	5,0	3
Salas de almacenamiento de productos químicos	-	1,50	F	-	7,5	4
Aseos-privados	25/50	-	E, H	12,5/25	-	2
Baños-públicos	50/70	-	D, H	25/35	-	2
Taller de carpintería/aulas	-	0,50	-	-	2,5	2

NOTAS

- A Los puestos en los que se hagan funcionar los motores deben tener sistemas de escape que se conecten directamente al escape del motor y eviten el escape de humos.
- B Cuando se pretenda usar equipo de combustión en la superficie de juego, se debe proporcionar ventilación de dilución adicional, control de fuente o ambos.
- C No se debe requerir escape cuando dos o más lados compongan paredes que estén al menos 50% abiertas al exterior.
- D La tasa es por inodoro, urinario o ambos. Proporcionar la tasa más alta donde se espera que ocurran períodos de uso intenso. Se debe permitir el uso de la tasa más baja de otra manera.
- E La tasa es para un cuarto de baño destinado a ser ocupado por una persona a la vez. Para la operación continua del sistema durante las horas de uso, se debe permitir el uso de la tasa más baja. De lo contrario, se debe utilizar la tasa más alta.
- F Ver otras normas aplicables para tasa de escape.
- G Para operación continua del sistema, se debe permitir el uso de la tasa más baja. De lo contrario, se debe utilizar la tasa más alta.
- H Se debe permitir la recirculación del aire de escape que se haya limpiado para cumplir con los criterios de Clase 1 de la subcláusula 5.13.1.
- I La tasa es por cabezal de ducha.

Tabla 4 – Corrientes de aire o fuentes

Descripción	Clase de aire
Campanas antigrasa de cocina	4
Campanas de cocina que no sean campanas antigrasa	3
Descarga de equipos de impresión diazo	4
Sala de máquinas de elevador hidráulico	2
Campanas de laboratorio	4
Cabinas de pintura	4
Salas de máquinas frigoríficas	3

R_p = índice de flujo de aire exterior requerido por persona según lo determinado en la Tabla 2.

NOTA Estos valores se basan en ocupantes adaptados.

R_a = caudal de aire exterior requerido por unidad de área según lo determinado en la Tabla 2.

NOTA 1 La Ecuación 1 toma en cuenta las fuentes relacionadas con las personas y las fuentes relacionadas con el área de forma independiente en la determinación de la tasa de aire exterior requerida en la zona de respiración. El uso de la Ecuación 6-1 en el contexto de esta norma no implica necesariamente que la simple suma de tasas de flujo de aire exterior para diferentes fuentes se pueda aplicar a cualquier otro aspecto de CAI.

NOTA 2 Las tasas de la Tabla 2 se basan en el cumplimiento de todos los demás requisitos aplicables de esta norma. Si no se cumplen otros requisitos de la norma, no se aplican las tasas.

6.2.1.1.1 Ocupación no listada. Cuando la categoría de ocupación para un espacio o zona propuesta no esté listada, se deben usar los requisitos para la categoría de ocupación listada que sea más similar en términos de densidad de ocupantes, actividades y construcción del edificio.

6.2.1.1.2 Fortalezas de la fuente. Las tasas mínimas de VRP se basan en las fuentes de contaminantes y las intensidades de las fuentes que son típicas para las categorías de ocupación enumeradas. Cuando se esperen fuentes inusuales, la ventilación adicional o la limpieza del aire requerida se debe calcular utilizando la subcláusula 6.3 o los criterios establecidos por el profesional de salud y seguridad ambiental (EHS) responsable ante el propietario.

NOTA 1 Las zonas donde se esperan emisiones de materiales peligrosos almacenados no son típicas para ninguna categoría de ocupación listada.

NOTA 2 El hielo seco, el humo teatral y las actividades que producen humo no son típicas de ninguna de las categorías de ocupación enumeradas.

6.2.1.1.3 Densidad del aire. Las tasas de flujo de aire volumétrico se basan en una densidad de aire seco (da por su sigla en inglés) de 1,2 kg/m³ (0,075 lb/ft³) a una presión barométrica de 1 atm (101,3 kPa) y una temperatura del aire de 21 °C (70 °F). Se debe permitir que las tasas se ajusten a la densidad real, pero dichos ajustes no son necesarios para cumplir con esta norma.

6.2.1.1.4 Unidades de Viviendas y Dormitorios de ocupación transitoria. El aire de una unidad de vivienda con ocupación transitoria, o el aire de una unidad de dormitorio, no debe recircularse ni transferirse a ninguna otra unidad.

6.2.1.1.5 Laboratorios. Los espacios de laboratorio que cumplen con todos los requisitos de ANSI/AIHA Z9.5 no están obligados a cumplir con las tasas de Tabla 2.

6.2.1.1.6 Instalaciones para animales. Las instalaciones para animales que hayan completado una evaluación de riesgos realizada por el profesional de EHS responsable ante el propietario o la persona designada por el propietario no están obligadas a cumplir con las tasas de Tabla 2.

6.2.1.1.7 Población de la zona de diseño. La población de la zona de diseño (P_2) debe ser igual al mayor número de personas que se espera que ocupen la zona de ventilación durante el uso típico.

Excepciones a 6.2.1.1.7:

1. Cuando fluctúe el número de personas que se espera que ocupen la zona de ventilación, se debe permitir una población de la zona igual al número promedio de personas, siempre que dicho promedio se determine de acuerdo con la subcláusula 6.2.5.2.
2. Cuando no se pueda establecer el número mayor o promedio de personas que se espera que ocupen la zona de ventilación para un diseño específico, se debe permitir un valor estimado para la población de la zona, siempre que dicho valor sea el producto del área utilizable neta de la zona de ventilación y la densidad de ocupantes predeterminada enumerada en Tabla 2.

Tabla 5 – Eficacia de distribución de aire de zona (E_z)

Configuración de distribución de aire	E_z
Sistemas de distribución de aire mezclado	
Techo de suministro de aire fresco	1,0
Suministro de aire caliente por techo y retorno por suelo	1,0
Suministro del techo de aire caliente 15 °F (8 °C) o más por encima de la temperatura del espacio y retorno del techo	0,8
Suministro de techo de aire caliente a menos de 15 °F (8 °C) por encima de la temperatura promedio del espacio donde la velocidad del chorro de aire de suministro es inferior a 150 pies por minuto (0,8 u m/s) dentro de los 4,5 pies (1,4 m) del retorno del piso y el techo	0,8
Suministro de aire caliente en el techo a menos de 15 °F (8 °C) por encima de la temperatura promedio del espacio donde la velocidad del chorro de aire de suministro es igual o superior a 150 pies por minuto (0,8 m/s) dentro de los 4,5 pies (1,4 m) del piso y retorno de techo	1,0
Suministro de suelo de aire caliente y retorno de suelo	1,0
Impulsión de suelo de aire caliente y retorno de techo	0,7
Toma de suministro de reposición ubicada a más de la mitad de la longitud del espacio desde el escape, el retorno o ambos	0,8
Salida de suministro de reposición ubicada a menos de la mitad de la longitud del espacio desde el escape, el retorno o ambos	0,5
Sistemas de distribución de aire estratificado (subcláusula 6.2.1.2.1)	
Suministro de aire frío al piso donde el tiro vertical es mayor o igual a 60 pies por minuto (0,25 m/s) a una altura de 4,5 pies (1,4 m) sobre el piso y el retorno del techo a una altura menor o igual a 18 pies (5,5 m) sobre el suelo	1,05
Suministro de aire frío en el piso donde el tiro vertical es inferior a 60 pies por minuto (0,25 m/s) a una altura de 4,5 pies (1,4 m) sobre el suelo y el retorno del techo a una altura inferior o igual a 18 pies (5,5 m) sobre el suelo	1,2

(continúa)

Tabla 5 – Eficacia de distribución de aire de zona (E_z) (conclusión)

Configuración de distribución de aire	E_z
Suministro de aire frío desde el piso donde el tiro vertical es inferior a 0,25 m/s (60 pies por minuto) a una altura de 1,4 m (4,5 pies) sobre el piso y el retorno del techo a una altura superior a 5,5 m (18 pies) sobre el piso	1,5
Sistemas de Ventilación Personalizados (subcláusula 6.2.1.2.2)	
Aire personalizado a una altura de 4,5 pies (1,4 m) sobre el piso combinado con suministro de aire frío desde el techo y retorno desde el techo	1,40
Aire personalizado a una altura de 4,5 pies (1,4 m) sobre el suelo combinado con suministro de aire caliente desde el techo y retorno desde el techo	1,40
Aire personalizado a una altura de 4,5 pies (1,4 m) sobre el piso combinado con un sistema de distribución de aire estratificado con dispositivos de suministro de piso sin aspiración y retorno de techo	1,20
Aire personalizado a una altura de 4,5 pies (1,4 m) sobre el suelo combinado con un sistema de distribución de aire estratificado con dispositivos de suministro de piso de aspiración y retorno de techo	1,50

6.2.1.2 Eficacia de distribución de aire de zona: La eficacia de la distribución del aire por zonas (E_z) se debe determinar de acuerdo con la Tabla 5 o el Anexo C.

NOTA 1 Para algunas configuraciones, el valor predeterminado depende del espacio y de la temperatura del aire de suministro.

NOTA 2 El cálculo de E_z utilizando los procedimientos del Anexo C puede dar como resultado valores mayores que los enumerados en la Tabla 5 para sistemas con la misma descripción.

6.2.1.2.1 Sistemas de distribución de aire estratificado: Se debe diseñar un sistema de distribución de aire estratificado de acuerdo con las siguientes subcláusulas, o se debe determinar la efectividad de distribución de aire de la zona (E_z) de acuerdo con el Anexo C.

6.2.1.2.1.1 Suministro de aire: El aire frío debe ser al menos 2 °C (4 °F) menos que la temperatura promedio del aire de la habitación.

6.2.1.2.1.2 Aire de retorno: Las aberturas o vías de aire de retorno deben estar ubicadas a más de 9 pies (2,8 m) por encima del piso.

6.2.1.2.1.3 Estratificación: La zona no debe contener ningún dispositivo que mezcle mecánicamente el aire, y debe estar protegida contra las corrientes de aire que inciden desde las zonas de ventilación adyacentes.

NOTA Los ventiladores de techo, sopladores, cortinas de aire, difusores de aspiración sin separación de tiro adecuada u otros dispositivos que interrumpen la estratificación hacen que la efectividad de distribución del aire por zonas sea similar a un sistema bien mezclado.

6.2.1.2.2 Sistemas de ventilación personalizados: Se debe diseñar un sistema de ventilación personalizado de acuerdo con los siguientes incisos, o se debe determinar la efectividad de distribución del aire por zonas (E_z) de acuerdo con el Anexo C.

NOTA Un sistema de ventilación personalizado es principalmente para el control de la exposición y la dilución de contaminantes en la zona de respiración y puede proporcionar algún punto de entriamiento. Se utiliza ventilación personalizada cuando el ocupante pasa la mayor parte de su tiempo en un espacio ocupado. La salida de ventilación suele estar incorporada o montada en el mueble. Se usa junto con otro sistema de distribución de aire que maneja los requisitos de ventilación del área y las cargas térmicas en el espacio.

6.2.1.2.2.1 Aire personalizado: El aire personalizado se debe distribuir en la zona de respiración y se debe diseñar de manera que la velocidad sea igual o inferior a 0,25 m/s (50 fpm) en la cabeza/región facial del ocupante.

6.2.1.2.2.2 Aire de retorno: Las aberturas o vías de aire de retorno deben estar ubicadas a más de 2,8 m (9 pies) por encima del piso.

6.2.1.3 Flujo de aire exterior de zona: El flujo de aire exterior de la zona (V_{OZ}) proporcionado a la zona de ventilación por el sistema de distribución de aire de suministro se debe determinar de acuerdo con la Ecuación 2.

$$V_{OZ} = V_{bz}/E_Z \quad (2)$$

6.2.2 Sistemas de zona única: Para los sistemas de ventilación en los que uno o más manejadores de aire suministran una mezcla de aire exterior y aire recirculado a una sola zona de ventilación, el flujo de entrada de aire exterior (V_{Ot}) se debe determinar de acuerdo con la Ecuación 3.

$$V_{Ot} = V_{Oz} \quad (3)$$

6.2.3 Sistemas 100% aire exterior: Para los sistemas de ventilación en los que uno o más manejadores de aire suministren solo aire exterior a una o más zonas de ventilación, el flujo de entrada de aire exterior (V_{Ot}) se debe determinar de acuerdo con la Ecuación 4.

$$V_{Ot} = \sum_{all\ zones} V_{Oz} \quad (4)$$

6.2.4 Sistemas de recirculación de zonas múltiples: Para los sistemas de ventilación en los que uno o más manejadores de aire suministran una mezcla de aire exterior y aire recirculado a más de una zona de ventilación, el flujo de entrada de aire exterior (V_{Ot}) se debe determinar de acuerdo con las subcláusulas 6.2.4.1 a 6.2.4.4.

6.2.4.1 Entrada de aire exterior no corregida: El caudal de entrada de aire exterior (V_{Ou}) no corregido se debe determinar de acuerdo con la Ecuación 5.

$$V_{Ou} = D \sum_{all\ zones} (R_p \times P_z) + (\sum_{all\ zones} (R_a \times A_z)) \quad (5)$$

6.2.4.1.1 Diversidad de ocupantes: La relación de diversidad de ocupantes (D) se debe determinar de acuerdo con la Ecuación 6 para tener en cuenta las variaciones en la población dentro de las zonas de ventilación servidas por el sistema.

$$D_{Ot} = P_s / \sum_{all\ zones} P_z \quad (6)$$

En que la población del sistema (P_s) es la población total en el área servida por el sistema.

Excepción a 6.2.4.1.1: Se deben permitir métodos alternativos para tener en cuenta la diversidad de ocupantes, siempre que el valor V_{Ou} resultante no sea menor que el determinado mediante la Ecuación 5

6.2.4.1.2 Población del sistema de diseño: La población del sistema de diseño (P_s) debe ser igual al mayor número (pico) de personas que se espera que ocupen todas las zonas de ventilación servidas por el sistema de ventilación durante el uso.

NOTA La población del sistema de diseño siempre es igual o menor que la suma de la población de la zona de diseño para todas las zonas en el área servida por el sistema porque es posible que no todas las zonas estén ocupadas simultáneamente en la población de diseño.

6.2.4.1.3 Otros requisitos de ventilación: Cuando la tasa de ventilación de una zona se obtiene a partir de criterios distintos a los de esta norma, la tasa de ventilación se debe convertir a pies cúbicos por minuto (cfm) o litros por segundo (L/s) y el valor se suma a V_{ou} para su uso en los cálculos de diseño del sistema.

6.2.4.2 Eficiencia de ventilación del sistema: La eficiencia de ventilación del sistema (E_v) se debe determinar de acuerdo con la subcláusula 6.2.4.3 para el Procedimiento Simplificado o Anexo A para el Procedimiento Alternativo.

NOTA Estos procedimientos también establecen índices de flujo de aire primario mínimo de zona para sistemas VAV.

6.2.4.3 Procedimiento simplificado

6.2.4.3.1 Eficiencia de ventilación del sistema: La eficiencia de ventilación del sistema (E_v) se debe determinar de acuerdo con la Ecuación 7 u 8.

$$E_v = 0,88 \times D + 0,22 \text{ for } D < 0,60 \quad (7)$$

$$E_v = 0,75 \text{ for } D \geq 0,60 \quad (8)$$

6.2.4.3.2 Flujo de aire primario mínimo de zona: Para cada zona, el caudal de aire primario mínimo (V_{pz-min}) se debe determinar de acuerdo con la Ecuación 9.

$$V_{pz-min} = V_{oz} \times 1,5 \quad (9)$$

6.2.4.4 Entrada de aire exterior: El flujo de entrada de aire exterior de diseño (V_{ot}) se debe determinar de acuerdo con la Ecuación 10.

$$V_{ot} = V_{ou}/E_v \quad (10)$$

6.2.5 Diseño para condiciones de operación variables

6.2.5.1 Condiciones de carga variable: Los sistemas de ventilación deben estar diseñados para ser capaces de proporcionar no menos de las tasas de ventilación mínimas requeridas en la zona de respiración donde están ocupadas las zonas servidas por el sistema, incluidas todas las condiciones de carga total y parcial.

NOTA El caudal mínimo de entrada de aire exterior puede ser inferior al valor de diseño en condiciones de carga parcial.

6.2.5.2 Condiciones a corto plazo: Cuando se sepa que la ocupación máxima será de corta duración, que la ventilación variará o se interrumpirá durante un breve período de tiempo, o ambas cosas, se debe permitir que el diseño se base en las condiciones promedio durante un período de tiempo (T) determinado por Ecuación 11a (I-P) o 11b (SI).

$$T = 3v/V_{bz} \quad (11a)$$

$$T = 50v/V_{bz} \quad (11b)$$

en que:

T = período de tiempo promedio, expresado en minutos (min);

v = evolumen de la zona de ventilación donde se aplica el promedio, ft^3 (m^3);

V_{bz} = flujo de aire exterior de la zona de respiración calculado usando la Ecuación 1 y el valor de diseño de la población de la zona (P_z), cfm (L/s).

Los ajustes de diseño aceptables basados en esta disposición opcional incluyen lo siguiente:

- a. Zonas con ocupación fluctuante: Se debe permitir promediar la población de la zona (P_z) a lo largo del tiempo (T).
- b. Zonas con interrupción intermitente del suministro de aire: El flujo de aire exterior promedio suministrado a la zona de respiración a lo largo del tiempo (T) no debe ser menor que el flujo de aire exterior de la zona de respiración (V_{bz}) calculado con la Ecuación 1.
- c. Sistemas con cierre intermitente de la entrada de aire exterior: La entrada de aire exterior promedio a lo largo del tiempo (T) no debe ser inferior a la entrada de aire exterior mínima (V_{ot}) calculada utilizando la Ecuación 3, 4 o 5, según corresponda.

6.2.6 Restablecimiento dinámico: Se debe permitir que el sistema esté diseñado para restablecer el flujo de entrada de aire exterior (V_{ot}), el flujo de aire de la zona de ventilación o espacio (V_{oz}) a medida que cambian las condiciones de operación, o ambos.

6.2.6.1 Ventilación controlada por demanda: Se debe permitir VCD como un medio opcional de reinicio dinámico.

Excepción a 6.2.6.1: VCD basado en CO_2 no se debe aplicar en zonas con fuentes interiores de CO_2 que no sean ocupantes, o con mecanismos de eliminación de CO_2 como filtros de aire gaseosos.

6.2.6.1.1 Para las zonas VCD en el modo ocupado, el flujo de aire exterior de la zona de respiración (V_{bz}) se debe restablecer en respuesta a la población actual. Las estimaciones de la población actual utilizadas en los cálculos de control de VCD no debe dar como resultado tasas de ventilación inferiores a las requeridas por la población real durante cualquier período de una hora.

6.2.6.1.2 Para zonas VCD en el modo ocupado, el flujo de aire exterior de la zona de respiración (V_{bz}) no debe ser menor que el componente del edificio ($R_a \times A_z$) para la zona.

6.2.6.1.3 Cuando se utilicen sensores de CO_2 para VCD, el fabricante debe certificar que los sensores de CO_2 tienen una precisión de ± 75 ppm en concentraciones de 600 y 1 000 ppm cuando se miden al nivel del mar a 25 °C (77 °F). Los sensores deben estar calibrados en fábrica y certificados por el fabricante para requerir calibración no más de una vez cada cinco años. Tras la detección de la falla del sensor, el sistema debe proporcionar una señal que restablece el sistema de ventilación para suministrar la cantidad mínima requerida de aire exterior (V_{bz}) a la zona de respiración para la población de la zona de diseño (P_z).

6.2.6.1.4 Para las zonas VCD en el modo de espera ocupado, se debe permitir que el flujo de aire exterior de la zona de respiración se reduzca a cero para las categorías de ocupación indicadas "OS" en Tabla 2, siempre que el flujo de aire se restablezca a V_{bz} siempre que la ocupación se detecte.

6.2.6.1.5 Documentación: Se debe proporcionar una descripción escrita del equipo, los métodos, las secuencias de control, los puntos de ajuste y las funciones operativas previstas. Se debe proporcionar una tabla que muestre el flujo de aire de entrada exterior mínimo y máximo para cada sistema.

6.2.6.2 Eficiencia de ventilación: Las variaciones en la eficiencia con la que el aire exterior se distribuye a los ocupantes bajo diferentes flujos de aire y temperaturas del sistema de ventilación se deben permitir como una base opcional de restablecimiento dinámico.

6.2.6.3 Fracción de aire exterior: Se debe permitir una fracción más alta de aire exterior en el suministro de aire debido a la entrada de aire exterior adicional para enfriamiento gratuito o reposición de aire de escape como base opcional del restablecimiento dinámico.

6.3 Procedimiento de calidad del aire interior: El flujo de aire exterior de la zona de respiración (V_{bz}) se debe determinar de acuerdo con las subcláusulas 6.3.1 a 6.3.5.

6.3.1 Compuestos de diseño y fuentes de PM_{2,5}: El diseño del sistema se debe basar en los CD y MP_{2,5} especificados en Tabla 6. Si se identifican fuentes exteriores adicionales al completar el proceso en la subcláusula 4.3, o si hay fuentes inusuales, se deben determinar y documentar los compuestos asociados con esas fuentes. Los compuestos de esas fuentes adicionales se deben agregar a la lista de CD si existe una DL de una Autoridad Competente. Para cada CD y MP_{2,5}, se deben determinar las tasas de emisión de fuentes interiores de ocupantes, materiales de construcción, muebles, equipos y otras fuentes y las concentraciones exteriores.

NOTA 1 La información sobre la tasa de emisión en interiores para algunos compuestos se proporciona en Anexo N.

NOTA 2 Las concentraciones al aire libre se pueden determinar a partir de la cláusula 4.

6.3.2 Compuestos de diseño y concentración de MP_{2,5}: Los límites de concentración, denominados límites de diseño deben ser los especificados en Tabla 6. La ventilación de diseño debe ser tal que la concentración calculada de cada CD mezcla de CD y MP_{2,5} no exceda su límite. Para cualquier compuesto agregado a la lista de CD en la Tabla 6, los datos de las autoridades competentes se deben usar para determinar si el compuesto causa los efectos enumerados en la Tabla 7, y los compuestos que tienen uno o más de los efectos de la mezcla se deben agregar a la lista de mezclas para ese efecto. Para cada mezcla, la suma de la exposición mixta (E_m), determinada por la Ecuación 12, debe ser inferior a 1,0:

$$E_m = \frac{C_1}{DL} + \frac{C_2}{DL_2} + \frac{C_i}{DL_i} \quad (12)$$

en que:

E_m = suma de exposición mixta;

C_i = concentración máxima en el aire calculada por el modelo de balance de masas para la i-th CD;

DL_i = límite de diseño para el i-th CD.

Excepciones a 6.3.2:

1. El benceno, el fenol y el tetracloroetileno no se deben incluir en el cálculo de la mezcla para la irritación de las vías respiratorias superiores, la irritación de los ojos y la depresión del sistema nervioso central. Si las concentraciones exteriores de monóxido de carbono, MP_{2,5} u ozono exceden el DL, el DL debe ser la norma de aire ambiental aplicable donde se ubica el proyecto o según lo aceptado por la Autoridad Competente.
2. El amoníaco se debe incluir solo para espacios que incluyan animales no humanos.

6.3.3 Enfoque de diseño: Las tasas de flujo de aire exterior de la zona y el sistema deben ser las mayores de las determinadas de acuerdo con las subcláusulas 6.3.3.1 y 6.3.3.2, en función de las tasas de emisión, los límites de concentración y otros parámetros de diseño relevantes.

6.3.3.1 Análisis de balance de masa: Utilizando un análisis de balance de masas dinámico o de estado estable, las tasas mínimas de flujo de aire exterior requeridas para lograr los límites de concentración especificados en la subcláusula 6.3.2 deben determinarse para cada CD, mezcla de CD y MP2,5 dentro de cada zona atendida por el sistema.

NOTA En el edificio terminado, la medición de la concentración de contaminantes o mezclas contaminantes de interés puede ser útil como medio para verificar la precisión del análisis de balance de masa de diseño, pero dicha medición no es necesaria para el cumplimiento.

Tabla 6 – Compuestos de diseño, MP2,5 y sus límites de diseño

Compuesto o MP2,5	Límite de diseño
Acetaldehído	140 µg/m ³
Acetona	1,200 µg/m ³
Benceno	3 µg/m ³
Diclorometano	400 µg/m ³
Formaldehído	33 µg/m ³
Naftalina	9 µg/m ³
Fenol	10 µg/m ³
Tetracloroetileno	35 µg/m ³
Tolueno	300 µg/m ³
1,1,1-tricloroetano	1000 µg/m ³
Xileno, total	500 µg/m ³
Monóxido de carbono	9 ppm
MP2,5	12 µg/m ³
Ozono	70 ppb
Amoniaco	200 µg/m ³

NOTA La fuente de los datos es ASHRAE 62.1:2022.

Tabla 7 – Mezclas de compuestos

Irritación del tracto respiratorio superior	Irritación de ojo	Sistema nervioso central
Acetaldehído	Acetaldehído	Acetona
Acetona	Acetona	Diclorometano
Xileno, total	Formaldehído	Xileno, total
Ozono	Xileno, total	1,1,1-tricloroetano
	Ozono	Tolueno

NOTA La fuente de los datos es ASHRAE 62.1:2022.

6.3.3.2 Calidad del aire interior percibida: Las tasas de flujo de aire exterior de la zona deben ser suficientes para garantizar que el 80% o más de las personas expuestas no expresen su insatisfacción con la calidad del aire cuando se prueban según lo requerido en la subcláusula 7.3.2.

6.3.4 Procedimiento combinado de CAI y Procedimiento de tasa de ventilación: Se debe permitir que el PCAI junto con el VRP se apliquen a una zona o sistema. En este caso, el VRP se debe utilizar para determinar el flujo de aire exterior mínimo de la zona requerida, y el PCAI se debe utilizar para determinar el aire exterior adicional o la limpieza de aire necesario para alcanzar los límites de concentración de los contaminantes y la mezcla contaminante de interés.

NOTA La mejora de la CAI a través del uso de la limpieza del aire o la provisión de aire exterior adicional junto con las tasas mínimas de ventilación se pueden cuantificar utilizando la PCAI.

6.3.5 Documentación: La documentación de diseño debe incluir la lista de MP2,5, CD y DL y sus mezclas; datos de fuentes exteriores; tasas de emisión, incluidas las citas; autoridades competentes para cualquier CD adicional; cálculos de balance de masa para cada zona; y especificaciones para la verificación requerida por la subcláusula 7.3.

6.4 Procedimiento de ventilación natural: Los sistemas de ventilación natural deben cumplir con los requisitos de la subcláusula 6.4.1 o 6.4.2. Los diseñadores deben proporcionar barreras de aire interior, aislamiento u otros medios que separen los espacios con ventilación natural de los espacios enfriados mecánicamente para evitar que el aire exterior con un punto de rocío alto entre en contacto con las superficies enfriadas mecánicamente.

6.4.1 Ruta de cumplimiento prescriptivo: Cualquier zona diseñada para ventilación natural debe incluir un sistema de ventilación mecánica diseñado de acuerdo con la subcláusula 6.2, la subcláusula 6.3 o ambas.

Excepciones a 6.4.1:

1. Zonas en edificios que tienen todo lo siguiente:
 - a) Aberturas de ventilación natural que cumplan con los requisitos de la subcláusula 6.4.1.
 - b) Controles que eviten que las aberturas de ventilación natural se cierren durante los períodos de ocupación prevista, o las aberturas de ventilación natural que estén permanentemente abiertas.
2. Zonas que no cuentan con equipos de calefacción o refrigeración.

6.4.1.1 Altura del techo: Para cielos rasos paralelos al piso, la altura de cielo raso (H) que se debe utilizar en las subcláusulas 6.4.1.3 a 6.4.1.5 debe ser la altura mínima de cielo raso en la zona.

Para las zonas en las que la altura del techo aumenta a medida que aumenta la distancia desde la ventilación, la altura del techo debe ser la altura promedio del techo determinada sobre una distancia no mayor de 6 m (20 pies) desde las aberturas.

6.4.1.2 Área del piso a ventilar: El área con ventilación natural en zonas o porciones de zonas debe extenderse desde las aberturas hasta una distancia determinada por las subcláusulas 6.4.1.3, 6.4.1.4 o 6.4.1.5. Las aberturas deben cumplir con los requisitos de la subcláusula 6.4.1.6. Para las zonas donde los techos no sean paralelos al piso, la altura del techo se debe determinar de acuerdo con la subcláusula 6.4.1.1.

6.4.1.3 Abertura de un solo lado: Para zonas con aberturas en un solo lado de la zona, el área con ventilación natural debe extenderse a una distancia no mayor que dos veces la altura del techo desde las aberturas.

6.4.1.4 Apertura lateral doble: Para zonas con aberturas en dos lados opuestos de la zona, el área ventilada naturalmente debe extenderse entre las aberturas separadas por una distancia no mayor a cinco veces la altura del techo.

6.4.1.5 Aberturas de esquina: Para zonas con aberturas en dos lados adyacentes de una zona, el área con ventilación natural debe extenderse a una distancia no mayor a cinco veces la altura del techo a lo largo de una línea trazada entre los bordes exteriores de las dos aberturas que están más alejadas. El área del piso fuera de esa línea debe cumplir con la subcláusula 6.4.1.3 como una zona que tiene aberturas en un solo lado de la zona.

NOTA "Área de piso fuera de esa línea" se refiere al área restante de la zona que no está delimitada por las paredes que tienen las aberturas y la línea trazada entre las aberturas.

6.4.1.6 Ubicación y tamaño de las aberturas: Las zonas o porciones de zonas que se deben ventilar de forma natural deben tener una ruta de flujo de aire permanentemente abierta a las aberturas conectadas directamente al exterior. El caudal mínimo a la zona se debe determinar de acuerdo con la subcláusula 6.2.1.1. Esta tasa de flujo se debe utilizar para determinar el área de apertura requerida de las aberturas, teniendo en cuenta solo el flujo impulsado por la flotabilidad. El flujo impulsado por el viento se debe utilizar solo cuando se pueda demostrar que se proporciona el caudal mínimo durante todas las horas ocupadas.

Las aberturas se deben dimensionar de acuerdo con la subcláusula 6.4.1.6.1 (Ruta A) o la subcláusula 6.4.1.6.2 (Ruta B).

NOTA La ruta de flujo de aire permanentemente abierta se refiere a las rutas que permitirían el flujo de aire sin obstáculos por tabiques, paredes, muebles, etc.

6.4.1.6.1 Dimensionamiento de aberturas: Ruta A. Cuando la zona se ventile usando una sola apertura o múltiples aberturas únicas ubicadas a la misma altura, el área de apertura como porcentaje del área neta del piso utilizable debe ser mayor o igual que el valor indicado en Tabla 8. Cuando la zona se ventile utilizando dos aberturas ubicadas a diferentes alturas o múltiples pares de dichas aberturas, el área de apertura como porcentaje del área neta del piso utilizable debe ser mayor o igual que el valor indicado en la Tabla 9.

Cuando las aberturas estén obstruidas por persianas o pantallas, el área de apertura se debe basar en el área libre neta de la apertura. Cuando las zonas interiores, o porciones de zonas, sin aberturas directas al exterior estén ventiladas a través de zonas contiguas, la apertura entre zonas debe estar permanentemente sin obstrucciones y tener un área libre de no menos del doble del porcentaje del área de piso utilizable utilizada para determinar la apertura, tamaño de las zonas exteriores adyacentes, o 2,3 m² (25 pies²), el que sea mayor.

NOTA Las Tablas 8 y 9 se basan únicamente en el flujo impulsado por la flotabilidad y no se han creado para abordar el confort térmico.

6.4.1.6.2 Dimensionamiento de aberturas: Ruta B. El área de apertura requerida para una sola zona se debe calcular utilizando CIBSE AM10, subcláusula 4.3.

6.4.2 Ruta de cumplimiento del sistema diseñado: Para un sistema de ventilación natural diseñado, el diseñador debe:

- a) determinar las condiciones ambientales por hora, incluida la temperatura de bulbo seco del aire exterior; temperatura de derretimiento; concentración exterior de contaminantes, incluidos MP2,5, MP10 y ozono donde haya datos disponibles; velocidad y dirección del viento; y ganancias internas de calor durante las horas esperadas de operación de ventilación natural;

- b) determinar el efecto de las pérdidas de presión a lo largo de las rutas del flujo de aire de ventilación natural en las tasas de flujo resultantes, incluidas las aberturas de entrada, las rejillas de transferencia de aire, las chimeneas de ventilación y las aberturas de salida durante las condiciones representativas del uso esperado del sistema de ventilación natural;
- c) cuantificar las tasas de flujo de aire de ventilación natural de las rutas de flujo de aire identificadas teniendo en cuenta las presiones de conducción inducidas por el viento y térmicamente inducidas durante condiciones representativas del uso esperado del sistema de ventilación natural;
- d) diseñar para proporcionar aire exterior en cantidades suficientes para dar como resultado una CAI aceptable según lo establecido en la subcláusula 6.2.1.1 o 6.3 durante condiciones representativas del uso esperado del sistema de ventilación natural.

Tabla 8 – Áreas de apertura mínimas: Aberturas individuales^a

$V_{bz}/A_z \leq$ (L/s)/m ²	$V_{bz}/A_z \leq$ cfm/ft ²	Total de áreas de apertura en la zona como porcentaje de A_z		
		$H_S/W_S \leq 0,1$	$0,1 < H_S/W_S \leq 1$	$H_S/W_S > 1$
1,0	0,2	4,0	2,9	2,5
2,0	0,4	6,9	5,0	4,4
3,0	0,6	9,5	6,9	6,0
4,0	0,8	12,0	8,7	7,6
5,5	1,1	15,5	11,2	9,8

en que:

V_{bz} = flujo de aire exterior de la zona de respiración, según la Tabla 2;

A_z = superficie útil de la zona, la superficie útil neta de la zona de ventilación;

W_S = ancho agregado de todas las aberturas exteriores individuales ubicadas en la misma elevación;

H_S = dimensión vertical de la única abertura o la menor dimensión vertical de las aberturas donde hay múltiples aberturas.

^a Las tasas de flujo de aire volumétrico utilizadas para estimar el área de apertura requerida se basan en lo siguiente:

- Densidad del aire seco de 0,075 lbda/ft³ (1,2 kgda/m³) a una presión barométrica de 1 atm (101,3 kPa) y una temperatura del aire de 70 °F (21 °C).
- Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de 1,8 °F (1 °C).
- Constante de gravedad de 32,2 pies/s² (9,81 m/s²).
- Coeficiente de descarga de ventana de 0,6.

Tabla 9 – Áreas de apertura mínimas: dos aberturas espaciadas verticalmente^a

$V_{bz}/A_z \leq$, (L/s)/m ²	$V_{bz}/A_z \leq$, cfm/ft ²	Total de áreas de apertura en la zona como porcentaje de A_z					
		$H_{vs} \leq 8,2 \text{ ft (2,5 m)}$		$8,2 \text{ ft (2,5 m)} < H_{vs} \leq 16,4 \text{ ft (5 m)}$		$16,4 \text{ ft (5 m)} < H_{vs}$	
		$A_g/A_l \leq 0,5$	$A_g/A_l > 0,5$	$A_g/A_l \leq 0,5$	$A_g/A_l > 0,5$	$A_g/A_l \leq 0,5$	$A_g/A_l > 0,5$
1,0	0,2	2,0	1,3	1,3	0,8	0,9	0,6
2,0	0,4	4,0	2,6	2,5	1,6	1,8	1,2
3,0	0,6	6,0	3,9	3,8	2,5	2,7	1,7
4,0	0,8	8,0	5,2	5,0	3,3	3,6	2,3
5,5	1,1	11,0	7,1	6,9	4,5	4,9	3,2

en que:

V_{bz} = flujo de aire exterior de la zona de respiración, según la Tabla 2;

A_z = superficie útil de la zona, la superficie útil neta de la zona de ventilación;

H_{vs} = separación vertical entre el centro del área libre operable de las aberturas superior e inferior; en caso de múltiples pares de aberturas espaciadas horizontalmente, use la distancia más corta encontrada;

A_s = área de apertura de la abertura más pequeña (superior o inferior); en el caso de múltiples pares de aberturas superiores e inferiores espaciadas horizontalmente, use áreas agregadas;

A_l = área de apertura de la abertura más grande (superior o inferior); en el caso de múltiples pares de aberturas superiores e inferiores espaciadas horizontalmente, use áreas agregadas.

Las tasas de flujo de aire volumétrico utilizadas para estimar el área operable requerida se basan en lo siguiente:

- Densidad del aire seco de 1,2 kgda/m³ (0,075 lbda/ft³) a una presión barométrica de 1 atm (101,3 kPa) y una temperatura del aire de 21 °C (70 °F).
- Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de 1 °C (1,8 °F).
- Constante de gravedad de 9,81 m/s² (32,2 pies/s²).
- Coeficiente de descarga de ventana de 0,6.

6.4.3 Control y accesibilidad: Los medios para abrir las aberturas requeridas deben ser de fácil acceso para los ocupantes del edificio siempre que el espacio esté ocupado. Los controles deben estar diseñados para coordinar la operación de los sistemas de ventilación natural y mecánica.

6.4.4 Documentación: Cuando se utilice el Procedimiento de ventilación natural, el diseñador debe documentar los valores y cálculos que demuestren la conformidad con el camino de cumplimiento y los sistemas de control y las secuencias requeridas para la operación del sistema de ventilación natural, incluida la coordinación con los sistemas de ventilación mecánica. Cuando la ruta de cumplimiento prescriptivo se utilice para edificios ubicados en un área donde se exceda la norma nacional para uno o más contaminantes, cualquier suposición de diseño y cálculos relacionados con el impacto en la CAI se deben incluir en los documentos de diseño.

6.5 Ventilación de escape: La ruta de cumplimiento prescriptivo o la ruta de cumplimiento de desempeño deben usarse para cumplir con los requisitos de esta subcláusula. Se debe permitir que el aire de reposición de escape sea cualquier combinación de aire exterior, aire recirculado o aire de transferencia.

6.5.1 Ruta de cumplimiento prescriptivo: El flujo de aire de escape de diseño se debe determinar de acuerdo con los requisitos de las Tablas 3 y 4.

Excepción a 6.5.1: Espacios de laboratorio que cumplan con todos los requisitos de ANSI/AIHA Z9.5.

6.5.1.1 Campanas de laboratorio: El escape de las campanas de laboratorio debe ser de clase de aire 4 a menos que el profesional de EHS responsable ante el propietario o la persona designada por el propietario determine lo contrario.

6.5.1.2 Requisitos de presión: Mientras los sistemas de escape requeridos estén funcionando, el flujo de aire de escape de las zonas enumeradas en la Tabla 3 debe ser mayor que su respectivo flujo de aire de suministro. Si las zonas enumeradas en la Tabla 3 son adyacentes, la diferencia entre el flujo de aire de escape y de suministro debe ser mayor para la zona con el número de clase de aire más alto.

Excepción a 6.5.1.2: Cuando el profesional de EHS responsable ante el propietario o la persona designada por el propietario establezca los requisitos de compensación del flujo de aire.

NOTA 1 Se requieren sistemas de escape para cualquier categoría de ocupación enumerada en la Tabla 3.

NOTA 2 Donde se permite la operación intermitente en la Tabla 3, el equipo de escape debe operarse cuando el espacio está en uso.

6.5.2 Ruta de cumplimiento de rendimiento: El flujo de aire de escape se debe determinar de acuerdo con las siguientes subcláusulas.

6.5.2.1 Fuentes de contaminantes: Se deben identificar los contaminantes o mezclas de interés para los propósitos del diseño. Para cada contaminante o mezcla de interés, se deben identificar las fuentes interiores (ocupantes, materiales, actividades y procesos) y exteriores, y se debe determinar la tasa de emisión de cada contaminante de interés de cada fuente.

6.5.2.2 Concentración de contaminantes: Para cada contaminante de interés, se debe especificar un límite de concentración y su período de exposición correspondiente y una referencia adecuada a una Autoridad Competente.

6.5.2.3 Se deben proporcionar sistemas de monitoreo y control para detectar automáticamente los niveles de contaminantes de interés y modular el flujo de aire de escape de modo que los niveles de contaminantes se mantengan a no más de los límites de concentración de contaminantes especificados.

6.6 Procedimientos de documentación de diseño: Los criterios y suposiciones de diseño deben documentarse y estar disponibles para la operación del sistema después de la instalación. Ver subcláusulas 4.3, 5.10.3, 5.13.4, 6.2.6.1.5, 6.3.5 y 6.4.4 con respecto a los supuestos que se detallarán en la documentación.

7 Construcción y puesta en marcha del sistema

Se requiere el cumplimiento de las subcláusulas 7.1 y 7.2 para todos los edificios. La subcláusula 7.3 se requiere para edificios diseñados según el Procedimiento de Calidad del Aire Interior en la subcláusula 6.3.

7.1 Fase de construcción

7.1.1 Aplicación: Los requisitos de esta subcláusula se aplican a los sistemas de ventilación y los espacios a los que sirven en edificios nuevos y adiciones o alteraciones en edificios existentes.

7.1.2 Filtros: Los sistemas diseñados con filtros de partículas no se deben operar sin filtros en su lugar.

7.1.3 Protección de materiales: Cuando lo recomiende el fabricante, los materiales de construcción se deben proteger de la lluvia y otras fuentes de humedad mediante procedimientos apropiados en tránsito y en el sitio. No se deben instalar materiales porosos con crecimiento microbiano visible. Los materiales no porosos con crecimiento microbiano visible deben descontaminarse.

7.1.4 Protección de áreas ocupadas

7.1.4.1 Aplicación: Los requisitos de la subcláusula 7.1.4 se aplican cuando la construcción requiere un permiso de construcción e implica lijar, cortar, moler u otras actividades que generan cantidades significativas de partículas en el aire o procedimientos que generan cantidades significativas de contaminantes gaseosos.

7.1.4.2 Medidas de protección: Se deben emplear medidas para reducir la migración de contaminantes generados por la construcción a las áreas ocupadas.

NOTA Los ejemplos de medidas aceptables incluyen, pero no se limitan a, sellar el área de construcción usando paredes temporales o revestimiento de plástico, agotar el área de construcción o presurizar áreas ocupadas contiguas.

7.1.5 Construcción del sistema de conductos de aire: Los sistemas de conductos de aire deben construirse de acuerdo con las siguientes normas, según corresponda:

Las siguientes cláusulas de ANSI/SMACNA 006, Normas de construcción de conductos HVAC-Metal y Flexible:

- a. Subcláusula S1.9 de la subcláusula 1.3.1, "Normas de construcción e instalación de conductos":
 - Subcláusula 7.4, "Normas de instalación para conductos rectangulares con revestimiento flexible"
 - Subcláusula 3.5, "Normas de instalación de conductos"
 - Subcláusula 3.6, "Especificación para unir y sujetar conductos flexibles"
 - Subcláusula 3.7, "Especificación para soporte de conductos flexibles"
 - Subcláusulas S6.1, S6.3, S6.4 y S6.5 de la subcláusula 9.1, "Normas de construcción de carcasa y cámara"
- b. Todas las cláusulas de las Normas de Construcción de Ductos de Fibra de Vidrio de SMACNA

- c. NFPA 90A, Norma para la Instalación de Sistemas de Aire Acondicionado y Ventilación
- d. NFPA 90B, Norma para la Instalación de Sistemas de Aire Acondicionado y Calefacción por Aire Caliente

7.2 Puesta en marcha del sistema

7.2.1 Aplicación: Los requisitos de esta subcláusula se aplican a los siguientes sistemas de ventilación:

- a. Sistemas de tratamiento de aire recién instalados.
- b. Sistemas de tratamiento de aire existentes que experimentan una reducción del flujo de aire exterior o de suministro de aire (Solo los requisitos de la subcláusula 7.2.2 se deben aplicar a estos sistemas modificados).
- c. Sistemas de distribución de tratamiento de aire existentes que sufran modificaciones que afecten a más del 25% del área de piso servida por los sistemas (Solo los requisitos de la subcláusula 7.2.2 se deben aplicar a estos sistemas modificados).

7.2.2 Equilibrio de aire y verificación del rendimiento del aire exterior: Los sistemas de ventilación deben equilibrarse de acuerdo con la Norma 111 de ASHRAE u otra norma nacional aplicable para verificar el cumplimiento de los requisitos de flujo de aire exterior total de esta norma (V_{ot}).

7.2.3 Prueba de las bandejas de drenaje: para minimizar las condiciones de estancamiento de agua que pueden provocar el crecimiento microbiano, las bandejas de drenaje se deben probar en el campo en condiciones de operación que son las más restrictivas para el flujo de condensado para demostrar un drenaje adecuado.

Excepción a 7.2.3: No se requieren pruebas de campo de las bandejas de drenaje si las unidades con bandejas de drenaje instaladas en fábrica han sido certificadas (atestiguadas por escrito) por el fabricante para un drenaje adecuado cuando se instalan según lo recomendado.

NOTA Las condiciones anteriores generalmente ocurren con el flujo de aire del ventilador completo para los ventiladores de extracción y el flujo de aire del ventilador mínimo para los ventiladores de extracción.

7.2.4 Puesta en marcha del sistema de ventilación: Los sistemas de distribución de aire de ventilación deben estar limpios de suciedad y escombros.

7.2.5 Compuertas de aire exterior: Antes de la ocupación, cada sistema de ventilación debe probarse para demostrar que las compuertas de aire exterior funcionan de acuerdo con el diseño del sistema.

7.2.6 Documentación: La siguiente documentación del sistema de ventilación debe entregarse al propietario del edificio o su designado, conservarse dentro del edificio y ponerse a disposición del personal operativo del edificio:

- a. Un manual de operaciones y mantenimiento (O&M) que describe los datos básicos relacionados con la O&M de los sistemas y equipos de ventilación instalados.
- b. Información de controles HVAC que consta de diagramas, esquemas, narraciones de secuencias de control e información de mantenimiento y/o calibración.

- c. Un informe de balance de aire que documente el trabajo realizado para la subcláusula 7.2.2.
- d. Dibujos de construcción de registro, dibujos de control y dibujos de diseño final.
- e. Criterios de diseño y supuestos.

7.3 Verificación del procedimiento de calidad del aire interior

7.3.1 Evaluación objetiva: Realizar la medición del compuesto de diseño (CD) y MP2,5 en el edificio terminado para verificar que se cumplan los límites de diseño (DL). La concentración máxima durante un período ocupado de 8 h no debe exceder el DL de monóxido de carbono.

Para ozono y MP2,5, la concentración promedio medida durante un período ocupado de 8 h no debe exceder el DL.

Tabla 10 – Métodos de prueba de laboratorio permitidos

Compuesto	Métodos de prueba permitidos
COV excepto formaldehído, acetaldehído y acetona	ISO 16000-6; EPA IP-1, EPA TO-17; ISO 16017-1; ISO 16017-2; ASTM D6345-10
Formaldehído, acetaldehído y acetona	ISO 16000-3; EPA TO-11; EPA IP-6; ASTM D5197
Monóxido de carbono	ISO 4224; EPA IP-3

Tabla 11 – Especificaciones mínimas de instrumentos de lectura directa

	Ozono	MP2,5	Monóxido de carbono
Precisión (±)	5 ppb	Mayor de 5 µg /m ³ o 20% de lectura	Mayor de 3 ppm o 20% de lectura
Resolución (±)	1 ppb	5 µg/m ³	1 ppm

Tabla 12 – Número de puntos de medición

Superficie total ocupada, ft ² (m ²)	Número de medidas
≤ 25,000 (2 500)	1
> 25,000 (2 500) and ≤ 50,000 (5 000)	2
> 50,000 (5 000) and ≤ 100,000 (10,000)	4
> 100,000 (10,000)	6

Para todos los demás compuestos, la concentración medida durante el período máximo permitido por el método de prueba hasta 8 h no debe exceder el DL para cada CD. Para mezclas de CC, el cálculo de la mezcla debe ser inferior a 1,0. Las concentraciones se deben medir utilizando los métodos de laboratorio pertinentes especificados en la Tabla 10. Los compuestos inorgánicos y MP2,5 pueden medirse en su lugar utilizando instrumentos de lectura directa que estén calibrados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del dispositivo, que sean capaces de medir por debajo del DL y que cumplan con los requisitos de rendimiento especificados en la Tabla 11.

7.3.1.1 Compuestos de diseño y prueba de medición de MP2,5: El equipo de medición se debe colocar en la zona de respiración. La medición se debe realizar con el sistema HVAC en funcionamiento normal y con la configuración de entrada de aire exterior más baja esperada durante el año. El número de puntos de medición se debe especificar de acuerdo con la Tabla 12.

7.3.2 Evaluación subjetiva: mediante una evaluación subjetiva de los ocupantes realizada en el edificio terminado, los resultados de la prueba de la encuesta se debe demostrar un nivel de aceptabilidad de los ocupantes del 80% o más dentro de cada zona servida por el sistema.

NOTA El Anexo N presenta un enfoque para la evaluación subjetiva de los ocupantes.

Excepción a 7.3.1 y 7.3.2: No se requieren evaluaciones objetivas y subjetivas para todas las zonas sustancialmente similares. Las tasas mínimas de flujo de aire exterior no deben ser menores que las encontradas de acuerdo con las subcláusulas 7.3.1 y 7.3.2 para una zona sustancialmente similar.

NOTA Por ejemplo, en un edificio con 100 oficinas privadas unipersonales de una misma área, no es necesario realizar una evaluación objetiva y subjetiva en cada oficina siempre que el caudal de aire exterior mínimo para cada oficina sea mayor o igual al flujo de aire en la oficina que se prueba de acuerdo con la subcláusula 7.3.2. Una zona de ventilación es similar por definición si tiene la misma categoría de ocupación (ver Tabla 2), densidad de ocupantes, efectividad de la distribución del aire de la zona (ver subcláusula 6.2.1.2) y flujo de aire primario de la zona de diseño. (ver subcláusula 6.2.4.3.2 y Anexo A) por unidad de área.

7.3.3 Documentación: La documentación debe incluir la metodología de prueba, los resultados de la prueba y cualquier ajuste para diseñar el aire exterior a partir de los valores determinados en la subcláusula 6.3, si corresponde.

8 Operaciones y mantenimiento

8.1 Generalidades

8.1.1 Aplicación: Los requisitos de esta e aplican a edificios y sus sistemas de ventilación y sus componentes construidos o renovados después de la fecha de adopción de esta subcláusula.

8.1.2 Alteraciones del edificio o cambio de uso: cuando se modifican los edificios o cuando se realizan cambios en el uso del edificio, categoría de ocupante, cambio significativo en la densidad de ocupación u otros cambios que no concuerdan con los supuestos del diseño del sistema, el diseño, la operación y el mantenimiento del sistema de ventilación debe reevaluarse y el manual de O&M actualizarse según sea necesario.

8.2 Manual de O&M: Se debe desarrollar y mantener un manual de O&M, ya sea escrito o electrónico, en el sitio o en una ubicación centralmente accesible durante la vida útil del equipo o los componentes del sistema de ventilación aplicable. Este manual se debe actualizar según sea necesario. El manual debe incluir los procedimientos de operación y mantenimiento, los programas de operación del sistema de ventilación y cualquier cambio que se le haya hecho, los planos de diseño finales, los programas de mantenimiento basados en las instrucciones del fabricante y los requisitos y frecuencias de mantenimiento proporcionados en Tabla 13.

8.3 Operación del sistema de ventilación: Los sistemas de ventilación mecánica y natural se deben operar de manera consistente con el manual de operación y mantenimiento. Los sistemas se deben operar de tal manera que los espacios estén ventilados de acuerdo con la cláusula 6 durante los períodos de ocupación esperada.

8.4 Mantenimiento del sistema de ventilación: Los componentes del sistema de ventilación del edificio deben mantenerse de acuerdo con el manual de operación y mantenimiento.

Tabla 13 – Actividad y frecuencia mínimas de mantenimiento para equipos del sistema de ventilación y componentes asociados

Tarea de inspección/mantenimiento	Frecuencia ^a
a. Investigar el sistema en busca de intrusión o acumulación de agua. Rectificar lo necesario.	De ser necesario
b. Verificar que el espacio provisto para el mantenimiento y la inspección de rutina de los sistemas de agua de torres de enfriamiento abiertas, los sistemas de agua de torres de enfriamiento cerradas y los condensadores evaporativos no esté obstruido.	mensual
c. Los sistemas de agua de torres de enfriamiento abiertas, los sistemas de agua de torres de enfriamiento cerradas y los condensadores evaporativos se deben tratar para limitar el crecimiento de contaminantes microbiológicos, incluida la <i>legionella sp.</i>	Mensual
d. Verificar que el espacio provisto para el mantenimiento de rutina y la inspección de equipos y componentes no esté obstruido.	Trimestral
e. Verificar caída de presión y fecha de reemplazo programada de filtros y dispositivos de limpieza de aire. Limpie o reemplace según sea necesario para garantizar un funcionamiento adecuado.	Trimestral
f. Comprobar la lámpara ultravioleta. Limpiar o reemplazar según sea necesario para garantizar un funcionamiento adecuado.	Trimestral
g. Inspeccionar visualmente los dispositivos de deshumidificación y humidificación. Limpiar y mantener para limitar las incrustaciones y el crecimiento microbiano. Medir la humedad relativa y ajustar los controles del sistema según sea necesario.	Trimestral
h. Mantener los desagües de piso y el imprimador de trampa ubicados en las cámaras de aire o en las habitaciones que sirven como cámaras de aire para evitar el transporte de contaminantes desde el desagüe del piso hasta la cámara de aire.	Semestral
i. Verificar que los sistemas y dispositivos de control relacionados con la ventilación y la CAI funcionen correctamente. Limpiar, lubricar, reparar, ajustar o reemplazar según sea necesario para garantizar un funcionamiento adecuado.	Semestral
j. Verificar las trampas en P en los desagües de piso ubicados en cámaras de aire o habitaciones que sirven como cámaras de aire. Cebé según sea necesario para garantizar un funcionamiento adecuado.	Semestral
k. Comprobar la tensión de la correa del ventilador. Verificar el desgaste de la correa y reemplazar si es necesario para garantizar un funcionamiento adecuado. Revisar las poleas en busca de evidencia de alineación incorrecta o evidencia de desgaste y corregir según sea necesario.	Semestral
l. Verificar el variador de frecuencia para su correcto funcionamiento. Corregir según sea necesario.	Semestral
m. Verificar el correcto funcionamiento del serpentín de enfriamiento o calentamiento para detectar daños o evidencia de fugas. Limpiar, restaurar o reemplazar según sea necesario.	Semestral
n. Inspeccionar visualmente las persianas de entrada de aire exterior, las rejillas para pájaros, los eliminadores de neblina y las áreas adyacentes para verificar su limpieza e integridad; limpiar según sea necesario; eliminar todos los desechos visibles o el material biológico visible observado y reparar el daño físico a las persianas, pantallas o eliminadores de neblina si dicho daño impide que el elemento proporcione la entrada de aire exterior requerida.	Semestral
o. Inspeccionar visualmente las aberturas de ventilación natural y las áreas adyacentes para verificar su limpieza e integridad; limpiar según sea necesario. Retirar todos los desechos visibles o material biológico visible observado y reparar el daño físico a las persianas y pantallas si dicho daño impide que el elemento proporcione la entrada de aire exterior requerida. Los aparatos de apertura manual y/o automática se deben probar físicamente para verificar su correcto funcionamiento y repararse o reemplazarse según sea necesario.	Semestral
p. Verificar el funcionamiento del sistema de ventilación de aire exterior y cualquier control de aire exterior mínimo dinámico.	Anual

(continúa)

Tabla 13 – Actividad y frecuencia mínimas de mantenimiento para equipos del sistema de ventilación y componentes asociados (conclusión)

Tarea de inspección/mantenimiento	Frecuencia ^a
q. Verificar el ajuste del filtro de aire y la integridad del sello de la carcasa. Corregir según sea necesario.	Anual
r. Revisar la caja de control para ver si hay suciedad, desechos y/o terminaciones sueltas. Limpiar y apretar según sea necesario.	Anual
s. Revisar el contactor del motor en busca de picaduras u otros signos de daño. Reparar o reemplazar según sea necesario.	Anual
t. Revisar las aspas del ventilador y la carcasa del ventilador. Limpiar, reparar o reemplazar según sea necesario para garantizar un funcionamiento adecuado.	Anual
u. Verificar la integridad de todos los paneles en el equipo. Reemplazar los sujetadores según sea necesario para garantizar la integridad adecuada y el ajuste/acabado del equipo.	Anual
v. Evaluar los cojinetes reparables en campo. Lubricar si es necesario.	Anual
w. Revisar las bandejas de drenaje, las líneas de drenaje y los serpentines en busca de crecimiento biológico. Revisar las áreas adyacentes en busca de evidencia de humectación no intencional. Reparar y limpiar según sea necesario.	Anual
x. Comprobar si hay evidencia de acumulación o incrustaciones en las superficies de intercambio de calor. Restaurar según sea necesario para garantizar un funcionamiento adecuado.	Anual
y. Inspeccionar la unidad en busca de evidencia de transferencia de humedad de los serpentines de enfriamiento más allá de la bandeja de drenaje. Corregir o reparar según sea necesario.	Anual
z. Comprobar el funcionamiento correcto del amortiguador. Limpiar, lubricar, reparar, reemplazar o ajustar según sea necesario para garantizar un funcionamiento adecuado.	Anual
aa. Inspeccionar visualmente las áreas de acumulación de humedad en busca de crecimiento biológico. Si está presente, limpiar o desinfectar según sea necesario.	Anual
ab. Comprobar la bomba de condensado. Limpiar o reemplace según sea necesario.	Anual
ac. Inspeccionar visualmente los conductos expuestos y las tuberías externas para verificar la integridad del aislamiento y la barrera de vapor. Corregir según sea necesario.	Anual
ad. Verificar la precisión de los sensores montados de forma permanente cuya función principal es el monitoreo del suministro de aire exterior, la verificación del suministro de aire exterior o el control dinámico del aire exterior mínimo, como las estaciones de flujo en un controlador de aire y los que se utilizan para la ventilación controlada por demanda, incluidos los sensores de CO ₂ . Un sensor que no cumpla con la precisión especificada en el manual de O&M se debe recalibrar o reemplazar. La verificación del rendimiento debe incluir la comparación de salida con una norma de referencia de medición consistente con los especificados para dispositivos similares en la Norma 41,2 de ASHRAE o la Norma 111 de ASHRAE.	5 años
ae. Verificar la cantidad total de aire exterior suministrado por los controladores de aire configurados en el modo de aire exterior mínimo. Si las tasas de flujo de aire mínimas medidas son inferiores a la tasa mínima de diseño documentada en el manual de operación y mantenimiento, ± una tolerancia de equilibrio del 10%, (1) confirmar que la tasa medida no cumple con las disposiciones de esta norma y (2) ajustar o modificar las -componentes del controlador para corregir la deficiencia de flujo de aire. Los sistemas de ventilación se deben equilibrar de acuerdo con la Norma 111 de ASHRAE o su equivalente, al menos en la medida necesaria para verificar la conformidad con los requisitos de flujo de aire exterior total y flujo de aire de suministro de espacio de esta norma.	5 años
Excepción: Las unidades de menos de 2 000 cfm (1 000 L/s) de suministro de aire están exentas de este requisito.	
^a Las frecuencias mínimas pueden aumentarse o disminuirse si así lo indica el manual de operación y mantenimiento.	

Anexo A (normativo)

Eficiencia de la ventilación del sistema multizona: procedimiento alternativo

Este anexo presenta un procedimiento alternativo para calcular la eficiencia de ventilación del sistema (E_v) para sistemas de recirculación de múltiples zonas que debe usarse cuando no se usa la subcláusula 6.2.4.3. En este procedimiento alternativo, E_v es igual al valor más bajo calculado de la eficiencia de ventilación de la zona (E_{vz}) (ver Ecuación A.2).

La Figura A.1 contiene un esquema del sistema de ventilación que representa la mayoría de las cantidades utilizadas en este anexo.

A.1 Eficiencia de la ventilación del sistema

Para cualquier sistema de recirculación de múltiples zonas, la eficiencia de ventilación del sistema (E_v) se debe calcular de acuerdo con las subcláusulas A.1.1 a A.1.3.

A.1.1 Fracción de aire exterior promedio: La fracción de aire exterior promedio (X_s) para el sistema de ventilación se debe determinar de acuerdo con la Ecuación A.1.

$$X_s = V_{ou}/V_{ps} \quad (\text{A.1})$$

donde la entrada de aire exterior no corregida (V_{ou}) se encuentra de acuerdo con la subcláusula 6.2.4.1, y el flujo de aire primario del sistema (V_{ps}) se encuentra en la condición analizada.

NOTA Para propósitos de diseño de sistemas VAV, V_{ps} es el flujo de aire primario esperado más alto del sistema en la condición de diseño analizada. El flujo de aire primario del sistema en el diseño suele ser menor que la suma de los valores de flujo de aire primario de la zona de diseño, porque el flujo de aire primario rara vez alcanza su punto máximo simultáneamente en todas las zonas VAV.

A.1.2 Eficiencia de ventilación de zona: La eficiencia de ventilación de la zona (E_{vz}) se debe determinar de acuerdo con las subcláusulas A.1.2.1 o A.1.2.2.

A.1.2.1 Sistemas de suministro único: Para los sistemas de suministro único, en los que todo el aire suministrado a cada zona de ventilación es una mezcla de aire exterior y aire recirculado a nivel del sistema, la eficiencia de ventilación de la zona (E_{vz}) se debe determinar de acuerdo con la Ecuación A.2. Los ejemplos de sistemas de suministro único incluyen recalentamiento de volumen de aire constante, VAV de conducto único, conducto doble de ventilador único y sistemas de zonas múltiples.

$$E_{vz} = 1 + X_s - Z_{pz} \quad (\text{A.2})$$

En que se determina la fracción de aire exterior promedio para el sistema (X_s) de acuerdo con la Ecuación A.1, y la fracción de aire exterior primario para la zona (Z_{pz}) se determina de acuerdo con la Ecuación A.3.

$$Z_{pz} = V_{oz}/V_{pz} \quad (\text{A.3})$$

Para los sistemas VAV, V_{pz} es el valor de flujo de aire primario de zona más bajo esperado en la condición de diseño analizada.

A.1.2.2 Sistemas de recirculación secundaria: Para los sistemas de recirculación secundarios en los que todo o parte del aire de suministro a cada zona de ventilación es aire recirculado (aire que no se ha mezclado directamente con el aire exterior) de otras zonas, la eficiencia de ventilación de la zona (E_{vz}) se debe determinar de acuerdo con la Ecuación A.4.

Los ejemplos de sistemas de recirculación secundarios incluyen sistemas de caja de mezclas de doble ventilador y conducto y sistemas que incluyen ventiladores de transferencia para salas de conferencias.

$$E_{vz} = (F_a + X_s \times F_b - Z_{pz} \times E_p \times F_c)/F_a \quad (\text{A.4})$$

En que las fracciones de aire del sistema F_a , F_b y F_c se determinan de acuerdo con las Ecuaciones A.5, A.6 y A.7, respectivamente.

$$F_a = E_p + (1 - E_p) \times E_r \quad (\text{A.5})$$

$$F_b = E_p \quad (\text{A.6})$$

$$F_c = 1 - (1 - E_z) \times (1 - E_r) \times (1 - E_p) \quad (\text{A.7})$$

En que la fracción de aire primario de la zona (E_p) se determina de acuerdo con la Ecuación A.8, la fracción de recirculación secundaria de la zona (E_r) la determina el diseñador en función de la configuración del sistema, y la efectividad de la distribución del aire de la zona (E_z) se determina de acuerdo con la subcláusula 6.2.1.2.

$$E_p = V_{pz}/V_{dz} \quad (\text{A.8})$$

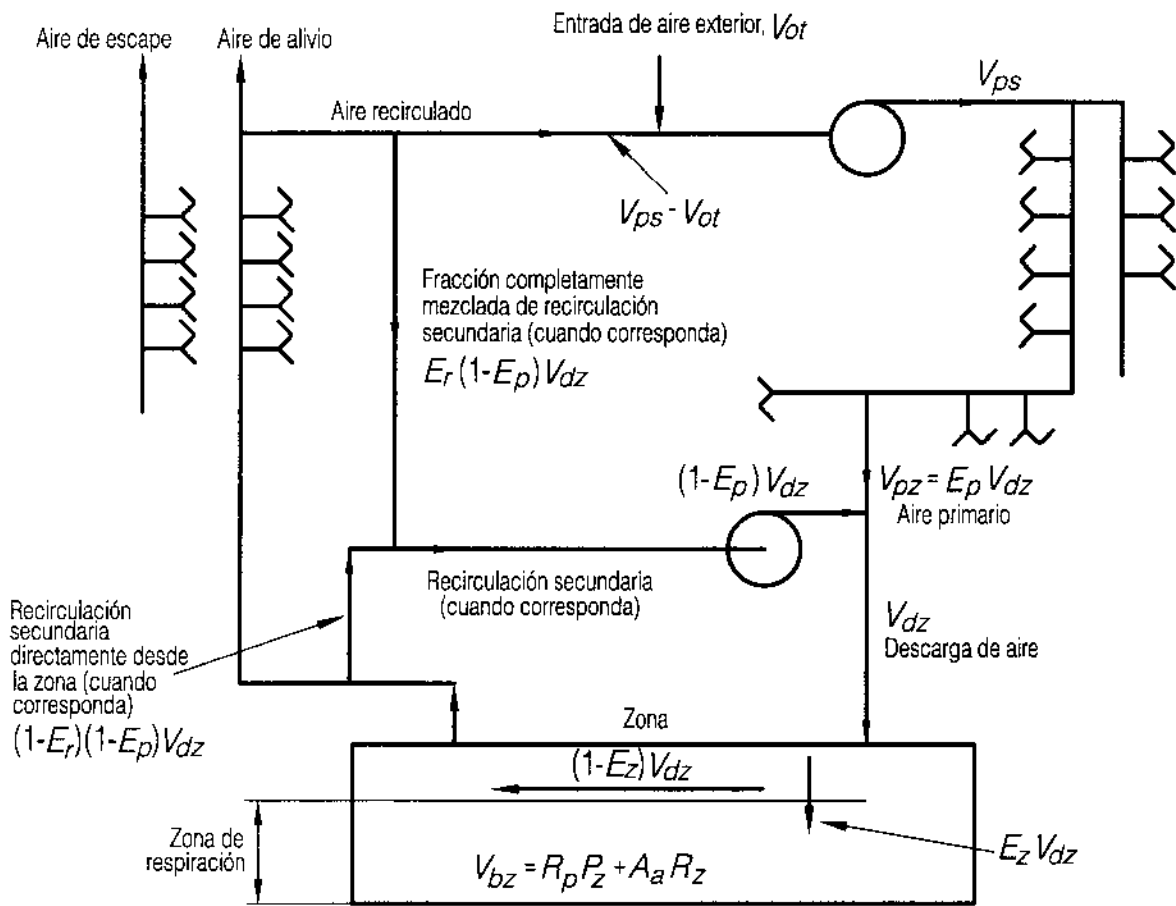


Figura A.1 – Esquema del sistema de ventilación

En que V_{dz} es el caudal de aire de descarga zonal.

NOTA 1 Para sistemas de retorno de cámara con recirculación secundaria (por ejemplo, VAV accionado por ventilador con retorno de cámara), E_r suele ser inferior a 1,0, aunque los valores pueden oscilar entre 0,1 y 1,2 según la ubicación de la zona de ventilación en relación con otras zonas y el aire acondicionado. Para los sistemas de retorno por conductos con recirculación secundaria (por ejemplo, VAV alimentado por ventilador con retorno por conductos), E_r suele ser 0,0, mientras que para aquellos con recirculación a nivel del sistema (por ejemplo, sistemas de doble conducto y ventilador doble con retorno por conductos), E_r es típicamente 1,0. Para otros tipos de sistemas, E_r suele ser 0,75.

NOTA 2 Para sistemas de una sola zona y de un solo suministro, E_p es 1,0.

A.1.3 Eficiencia de ventilación del sistema: La eficiencia de ventilación del sistema debe ser igual a la eficiencia de ventilación de la zona más baja entre todas las zonas de ventilación servidas por el controlador de aire de acuerdo con la Ecuación A.9.

$$E_v = \text{minimum}(E_{vz}) \tag{A.9}$$

A.2 Proceso de diseño

La eficiencia de ventilación del sistema y, por lo tanto, el flujo de entrada de aire exterior para el sistema (V_{OZ}) determinado como parte del proceso de diseño se basan en el diseño y los flujos de aire de suministro mínimos esperados para las zonas de ventilación individuales, así como los requisitos de diseño de aire exterior para las zonas. Para propósitos de diseño del sistema VAV, la eficiencia de ventilación de zona (E_{VZ}) para cada zona de ventilación se debe encontrar usando el flujo de aire primario de zona mínimo esperado (V_{PZ}) y usando el flujo de aire primario de sistema esperado más alto (V_{PS}) en la condición de diseño analizada.

NOTA El aumento de los valores de flujo de aire de suministro de zona durante el proceso de diseño, particularmente en las zonas críticas que requieren la mayor fracción de aire exterior, reduce el requisito de flujo de entrada de aire exterior del sistema determinado en el cálculo.

A.2.1 Selección de zonas para el cálculo: La eficiencia de ventilación de zona (E_{VZ}) se debe calcular para todas las zonas de ventilación.

Excepción a A.2.1: Debido a que la eficiencia de ventilación del sistema (E_V) está determinada por el valor mínimo de la eficiencia de ventilación de la zona (E_{VZ}) de acuerdo con la Ecuación A.9, no se requiere el cálculo de E_{VZ} para ninguna zona de ventilación que tenga un valor E_{VZ} que es igual o mayor que la de la zona de ventilación para la que se ha realizado un cálculo.

NOTA El valor de E_{VZ} para una zona de ventilación será mayor o igual que el de otra zona de ventilación si todo lo siguiente es cierto en relación con la otra zona de ventilación:

- El área de piso por ocupante (A_Z/P_Z) no es menor.
- La tasa de flujo de aire de descarga de zona mínima por unidad de área (V_{DZ}/A_Z) no es inferior.
- La fracción de aire primario (E_P) no es inferior.
- La eficacia de la distribución del aire por zonas (E_Z) no es menor.
- La tasa de aire exterior del área (R_A) no es más alta.
- La tasa de aire exterior para personas (R_P) no es más alta.

A.3 Símbolos

A_Z **área de piso de la zona:** área neta de piso utilizable de la zona de ventilación, m² (ft²).

D **diversidad de ocupantes:** relación entre la población del sistema y la suma de las poblaciones de la zona.

E_P **fracción de aire primario:** fracción de aire primario en el aire de descarga a la zona de ventilación.

E_r **fracción de recirculación secundaria:** en sistemas con recirculación secundaria de aire de retorno, la fracción de aire recirculado secundario a la zona que es representativa del aire de retorno promedio del sistema en lugar del aire recirculado directamente desde la zona.

E_V **eficiencia de ventilación del sistema:** eficiencia con la que el sistema distribuye el aire desde la entrada de aire exterior a la zona de respiración en la zona crítica de ventilación, que requiere la mayor fracción de aire exterior en la corriente de aire primaria.

- E_{Vz} **eficiencia de ventilación de zona:** eficiencia con la que el sistema distribuye el aire desde la entrada de aire exterior a la zona de respiración en cualquier zona de ventilación en particular.
- E_z **eficacia de distribución de aire de zona:** una medida de la eficacia de la distribución de aire de suministro a la zona de respiración. E_z se determina de acuerdo con la subcláusula 6.2.1.2 o Anexo C.
- F_a **fracción de aire de suministro:** fracción del aire de suministro a la zona de ventilación que incluye fuentes de aire del exterior de la zona.
- F_b **fracción de aire mezclado:** fracción del aire de suministro a la zona de ventilación procedente del aire primario completamente mezclado.
- F_c **fracción de aire exterior:** fracción de aire exterior a la zona de ventilación que incluye fuentes de aire del exterior de la zona.
- P_s **población del sistema:** número simultáneo de ocupantes en el área servida por el sistema de ventilación.
- P_z **población de la zona:** ver subcláusula 6.2.1.1.
- R_a **tasa de aire exterior del área:** ver subcláusula 6.2.1.1.
- R_p **tasa de aire exterior personas:** ver subcláusula 6.2.1.1.
- V_{bz} **flujo de aire exterior de la zona de respiración:** ver subcláusula 6.2.1.1.
- V_{dz} **flujo de aire de descarga de la zona:** flujo de aire de descarga (suministro) esperado a la zona que incluye el flujo de aire primario y el flujo de aire recirculado secundario, cfm (L/s).
- V_{ot} **flujo de entrada de aire exterior:** ver subcláusulas 6.2.2, 6.2.3 y 6.2.4.4.
- V_{ou} **entrada de aire exterior no corregida:** ver subcláusula 6.2.4.1.
- V_{oz} **flujo de aire exterior de la zona:** ver subcláusula 6.2.1.3.
- V_{ps} **flujo de aire primario del sistema:** flujo de aire primario total suministrado a todas las zonas servidas por el sistema desde la unidad de tratamiento de aire en la que se encuentra la entrada de aire exterior.
- V_{pz} **flujo de aire primario de zona:** flujo de aire primario de zona hacia la zona de ventilación, incluido el aire exterior y el aire recirculado.
- X_s **fracción de aire exterior promedio:** en el controlador de aire primario, la fracción del flujo de entrada de aire exterior en el flujo de aire primario del sistema.
- Z_{pz} **fracción de aire exterior primario:** fracción de aire exterior requerida en el aire primario suministrado a la zona de ventilación antes de la introducción de cualquier aire de recirculación secundario.

Anexo B (normativo)

Separación de salidas de escape y tomas de aire exterior

B.1 Generalidades

Este anexo presenta un procedimiento alternativo para determinar la distancia de separación entre las tomas de aire exterior y las salidas de ventilación y aire de escape. Este método analítico se puede utilizar en lugar de la Tabla 1.

Las salidas de aire de escape y ventilación, como se define en la Tabla 1, no se deben ubicar más cerca de las tomas de aire exterior o de las ventanas, tragaluces y puertas operables, tanto en la propiedad en cuestión como en las propiedades adyacentes, que la separación mínima distancia (L) especificada en esta subcláusula. La distancia (L) se define como la distancia más corta de "cuerda estirada" medida desde el punto más cercano de la abertura de salida hasta el punto más cercano de la abertura de entrada de aire exterior, o hasta la ventana operable, el tragaluz o la abertura de la puerta, a lo largo de una trayectoria como si una cuerda se extendiera entre ellos.

B.1.1 Aplicación: Las salidas de aire de escape de la campana extractora de laboratorio deben cumplir con NFPA 45 y ANSI/AIHA Z9.5. Las salidas de escape que no sean de laboratorio y las tomas de aire exterior u otras aberturas deben estar separadas de acuerdo con lo siguiente.

B.1.2 Tomas de aire exterior: La distancia mínima de separación entre las salidas de aire de escape/ventilación, como se define en la Tabla 1, y las entradas de aire exterior a los sistemas de ventilación mecánica, o a las ventanas, tragaluces y puertas operables que se requieren como parte de los sistemas de ventilación natural, debe ser igual a la distancia (L) determinada de acuerdo con la cláusula B.2.

Excepción a B.1.2: Las distancias de separación no se aplican cuando los sistemas de extracción y toma de aire exterior están controlados de manera que no pueden operar simultáneamente.

B.1.3 Otras aberturas de edificios: La distancia mínima de separación entre las salidas de ventilación/aire de escape del edificio, como se define en la Tabla 1, y las aberturas operables a los espacios utilizables debe ser la mitad de la distancia (L) determinada de acuerdo con la cláusula B.2. La distancia mínima de separación entre las salidas de aire de escape/ventilación de clase 3, clase 4, torre de enfriamiento o aparato/equipo de combustión y las aberturas operables a los espacios utilizables debe ser igual a la distancia (L) determinada de acuerdo con la cláusula B.2.

B.1.4 Limitaciones adicionales para aire nocivo o peligroso: La distancia mínima de separación entre los escapes ubicados a menos de 65 pies (20 m) verticalmente por debajo de las tomas de aire exterior o ventanas y puertas operables debe ser igual a una separación horizontal solo según lo determinado de acuerdo con la cláusula B.2; no se puede tomar crédito por ninguna separación vertical.

B.1.5 Pozos de equipos: Las salidas de aire de escape que terminan en un pozo de equipo que también encierra una entrada de aire exterior deben cumplir con los requisitos de separación de esta subcláusula y, además, deben:

- a. terminar en o por encima de la pared de cerramiento más alta y descargar aire hacia arriba a una velocidad superior a 1 000 fpm (5 m/s); o
- b. terminar 3 pies (1 m) por encima del muro de cerramiento más alto (sin velocidad mínima).

Excepción a B.1.5: Aire de escape designado como Clase 1 o Clase 2.

B.1.6 Líneas de propiedad: La distancia mínima de separación entre las salidas de aire de escape/ventilación y los límites de la propiedad debe ser la mitad de la distancia (L) determinada de acuerdo con la cláusula B.2.

Excepción a B.1.6: Para Clase 3, Clase 4 o aire de escape de aparatos/equipos de combustión, donde el límite de la propiedad colinda con una calle u otra vía pública, no se requiere una separación mínima si la terminación del escape es de al menos 10 pies (3 m) por encima del grado.

B.2 Determinación de la distancia L

La distancia de separación mínima (L) se debe determinar utilizando uno de los tres enfoques siguientes:

B.2.1 Método simple: Se debe utilizar un valor de L en la Tabla B.1.

B.2.2 Método de la velocidad: El valor de L se debe determinar utilizando la Ecuación B.1 (I-P) o B.2 (SI).

$$L = 0,09 \times \sqrt{Q} \times (\sqrt{DF} - U/400) \text{ [ft]} \tag{B.1}$$

$$L = 0,04 \times \sqrt{Q} \times (\sqrt{DF} - U/2) \text{ [m]} \tag{B.2}$$

en que:

Q = tasa de flujo de aire de escape, L/s (cfm). Para las ventilaciones por gravedad, como las ventilaciones de plomería, use una tasa de escape de 75 L/s (150 cfm). Para conductos de ventilación de aparatos que queman combustible, suponga un valor de 0,43 L/s por kW (250 cfm por millón de Btu/h) de entrada de combustión (u obtenga las tasas reales del fabricante del aparato de combustión).

Tabla B.1 – Distancia de separación mínima

Clase de aire de escape (ver subcláusula 5.13)	Distancia de separación (L), pies (m)
Contaminante significativo o intensidad del olor (Clase 3)	15 (5)
Partículas nocivas o peligrosas (Clase 4)	30 (10)

Tabla B.2 – Velocidad de descarga del aire de escape

Dirección de escape/Configuración	Descarga de aire de escape Modificador de velocidad (<i>U</i>)
El escape se aleja de la entrada de aire exterior en un ángulo mayor a 45 grados desde la dirección de una línea trazada desde el punto de escape más cercano al borde de la entrada.	<i>U</i> da un valor positivo.
El escape se dirige hacia la admisión delimitada por líneas trazadas. Desde el punto de escape más cercano hasta el borde de la admisión.	<i>U</i> da un valor negativo.
El escape se dirige en un ángulo entre los dos casos anteriores.	<i>U</i> es cero.
Respiraderos de aparatos que funcionan con combustible por gravedad (atmosférico), respiraderos de plomería y otros escapes no motorizados, o si la descarga del escape está cubierta por una tapa u otro dispositivo que disipa la corriente de aire del escape.	<i>U</i> es cero.
Escapes de gases calientes, como los productos de combustión, si la corriente de escape se dirige directamente hacia arriba y no se ve obstaculizada por dispositivos como tapas de chimenea o persianas.	Añadir 2,5 m/s (500 fpm) velocidad ascendente a <i>U</i> .

Tabla B.3 – Factores de dilución mínimos

Clase de aire de escape (ver subcláusula 5.13)	Factor de dilución
Contaminante significativo o intensidad del olor (Clase 3)	15
Partículas nocivas o peligrosas (Clase 4)	50 ^a
^a No se aplica al escape de la campana de humos. Ver subcláusula B1.1.	

U = velocidad de descarga del aire de escape, fpm (m/s). Como se muestra en la Figura B.1, *U* se debe determinar usando la Tabla B.2.

DF = factor de dilución, que es la relación entre el flujo de aire exterior y el flujo de aire de escape arrastrado en la entrada de aire exterior. El factor de dilución mínimo se debe determinar en función de la clase de aire de escape en la Tabla B.3.

Para el aire de escape que comprende más de una clase de aire, el factor de dilución se debe determinar promediando los factores de dilución por la fracción de volumen de cada clase usando la Tabla B.3:

$$DF = \frac{\sum (DF_i \times Q_i)}{\sum Q_i} \quad (B.3)$$

en que:

DF_i = factor de dilución de la Tabla B.3 para aire clase *i*;

Q_i = caudal volumétrico de aire de clase *i* en la corriente de aire de escape.

B.2.3 Método de concentración: Determinar la concentración aceptable para la salud (C_{health}) y el olor (C_{odor}) para cada sustancia química, compuesto o mezcla emitida.

Diseñar los sistemas de escape y admisión de manera que la concentración máxima en la admisión ($C_{m\acute{a}x.}$) sea menor que las concentraciones aceptables de todos los compuestos y mezclas evaluados.

$$C_{m\acute{a}x.} < C_{health} \tag{B.4}$$

$$C_{m\acute{a}x.} < C_{odor} \tag{B.5}$$

Como m\u00ednimo, la determinaci\u00f3n de $C_{m\acute{a}x.}$ debe considerar la velocidad del viento, la direcci\u00f3n del viento, la velocidad y el momento de salida del escape, la geometr\u00eda del edificio y las estructuras adyacentes, y las pantallas arquitect\u00f3nicas. El modelado de t\u00fanel de viento es un m\u00e9todo de dise\u00f1o aceptable.

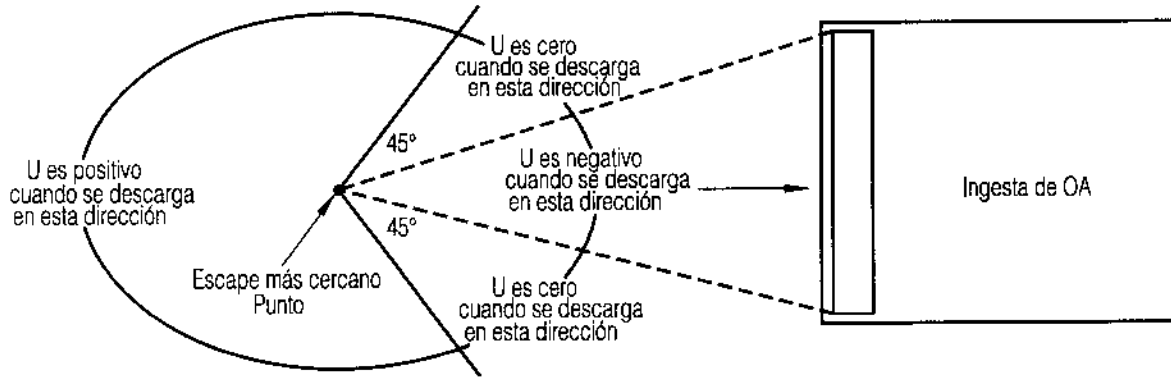


Figura B.1 – Velocidad de descarga del aire de escape (U)

Anexo C (normativo)

Eficacia de la distribución de aire por zona: procedimientos alternativos

Este anexo proporciona un procedimiento para determinar la efectividad de la distribución de aire por zonas (E_z) para todos los tipos de sistemas.

Nota la Tabla 5 proporciona valores predeterminados de E_z que se permite usar para las configuraciones de distribución de aire descritas en la tabla. El valor E_z de referencia de 1 es típico de la mezcla ideal en la zona. La estrategia de eliminar o desplazar contaminantes de la zona de respiración puede dar como resultado un valor E_z efectivo superior a la unidad, que es típico de los sistemas estratificados.

C.1 Eficacia de la distribución de aire por zona

La eficacia de la distribución del aire por zonas se debe calcular de acuerdo con la Ecuación C.1:

$$E_z = (C_e - C_s) / (C - C_s) \quad (\text{C.1})$$

en que:

E_z = eficacia de la distribución del aire por zonas;

C = concentración promedio de contaminantes en la zona de respiración;

C_e = concentración promedio de contaminantes en el escape;

C_s = concentración promedio de contaminantes en el suministro.

C.1.1 Sistemas de ventilación personalizados: con el fin de calcular la eficacia de la distribución de aire por zonas para los sistemas de ventilación personalizados, la zona de respiración debe ser de 0,8 m² (9 pies²) centrada en cada ocupante con una altura de 1,4 m (4,5 pies) desde el piso.

C.2 Sistema de distribución de aire modelado

C.2.1 Modelo computacional: El modelo computacional de dinámica de fluidos para calcular la efectividad de la distribución de aire en la zona debe estar de acuerdo con las siguientes subcláusulas.

C.2.1.1 Dominio computacional: El dominio computacional debe comprender todas las fuentes de calor sensibles, todas las obstrucciones principales al flujo de aire y todos los dispositivos de distribución de aire. El dominio de cálculo debe incluir todos los muros limítrofes.

C.2.1.2 Variables de solución: El análisis incluirá las soluciones para el flujo de fluidos, la transferencia de calor y el transporte de especies químicas. Los efectos de la flotabilidad (gravitacionales) se incluirán en el procedimiento de cálculo.

C.2.1.3 Condiciones de frontera: Se debe permitir que las fuentes de calor sensible se modelen como fuentes de calor volumétricas para permitir que el aire pase a través de la fuente o como bloques huecos (sin malla en el interior) especificados con flujo de calor o temperatura constante en las superficies de los bloques. Las paredes límite se deben modelar como adiabáticas (flujo de calor cero), flujo de calor especificado o límite de temperatura especificado.

C.2.1.4 Transporte de especies: Las fuentes se deben modelar como fuente volumétrica o flujo límite con tasa de generación conocida con velocidad de liberación cero. El análisis debe realizarse con una fuente distribuida uniformemente al nivel de la zona de respiración de los ocupantes. Todos los muros limítrofes se deben modelar como impermeables a las especies químicas.

NOTA La especie modelada debería ser un gas trazador, como el CO_2 . Se deja discreción al modelador para determinar el modelo apropiado dependiendo de los compuestos de diseño en la zona.

C.2.1.5 Modelo de turbulencia: Se deben utilizar modelos de turbulencia promedio de Reynolds (conjunto).

NOTA El grupo de renormalización y los modelos k realizables cumplen con los requisitos de esta subcláusula.

C.2.1.6 Malla computacional: Se debe generar una malla fina cerca de las fuentes de calor sensible, como ocupantes y computadoras, para resolver la pluma térmica que rodea estas fuentes. La malla fina se debe generar en todas las ubicaciones de aire de suministro y aire de retorno.

C.2.1.7 Convergencia de la solución: Los niveles de convergencia de la solución deben incluir el monitoreo de cantidades físicas relevantes, como la temperatura o la concentración de especies, en ubicaciones estratégicas. Los residuos escalados globalmente se deben reducir a 10^{-3} para todas las ecuaciones excepto las ecuaciones de energía y especies, para las cuales los residuos se deben reducir a 10^{-7} . El balance de masa y energía se debe calcular hasta por lo menos cuatro (4) decimales.

NOTA Puede ser conveniente revisar el confort térmico de los ocupantes en el modelo computacional.

C.2.2 Eficacia de la distribución del aire en la zona: La eficacia de la distribución del aire en la zona (E_z) se debe calcular de acuerdo con la Ecuación C.1 para cada celda de cálculo en la zona de respiración. La efectividad de distribución de aire de zona (E_z) del sistema debe ser el valor promedio de la efectividad de distribución de aire de zona de cada celda computacional dentro de la zona de respiración. El análisis se debe realizar tanto para las condiciones de refrigeración en verano como para las condiciones de calefacción en invierno.

NOTA La validación del modelo computacional con mediciones físicas durante el diseño puede mejorar la precisión del modelo computacional y la efectividad de la distribución de aire por zonas del sistema. Las mediciones de campo también se pueden realizar después de la ocupación del edificio para verificar la efectividad de la distribución del aire en la zona.

Anexo D (normativo)

Tasas de ventilación para instalaciones para pacientes ambulatorios no cubiertas por la norma ashrae/ashe 170

D.1 Generalidades

Este anexo presenta las tasas mínimas de ventilación en las zonas de respiración para los espacios de las instalaciones para pacientes ambulatorios a los que la Autoridad Competente consideró que la Norma 170 de ASHRAE/ASHE no se aplica.

D.2 Tasas de ventilación

Para las zonas en instalaciones para pacientes ambulatorios que no están cubiertas por ASHRAE/ASHE 170, los parámetros de la zona de ventilación se deben determinar de acuerdo con las subcláusulas 6.2.1.1 a 6.2.1.3 utilizando las tasas de la Tabla D.1.

Tabla D.1 – Tasas mínimas de ventilación en la zona de respiración

Categoría de ocupación	Personas tasa aire exterior R_p		Tasa de aire exterior del área R_a		Valores predeterminados	Clase de aire	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/persona	L/s persona	cfm/ft ²	L/s.m ²	Densidad de ocupantes #/1 000 ft ² o #/100 m ²		
Centros de atención médica para pacientes ambulatorios^{a, b}							
Sala de parto	10	5	0,18	0,9	15	2	
Sala de imágenes de Clase 1	7,5	3,8	0,12	0,6	5	1	
Consultorio dental	10	5	0,18	0,9	20	1	
Sala de examen general	7,5	3,8	0,12	0,6	20	1	
Otras áreas de tratamiento dental	5	2,5	0,06	0,3	5	1	
Zona de ejercicios de fisioterapia	20	10	0,18	0,9	7	2	
Sala individual de fisioterapia	10	5	0,12	0,6	20	2	
Zona de piscina fisioterapéutica	-	-	0,48	2,4	-	3	
Sala de prótesis y ortesis	10	5	0,18	0,9	20	2	
Sala de consulta psiquiátrica	5	2,5	0,06	0,3	20	1	
Sala de examen psiquiátrico	5	2,5	0,06	0,3	20	1	

(continúa)

Tabla D.1 – Tasas mínimas de ventilación en la zona de respiración (conclusión)

Categoría de ocupación	Personas tasa aire exterior R_p		Tasa de aire exterior del área R_a		Valores predeterminados	Clase de aire	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/persona	L/s persona	cfm/ft ²	L/s-m ²	Densidad de ocupantes #/1 000 ft ² o #/100 m ²		
Sala de Grupo psiquiátrico	5	2,5	0,06	0,3	50	1	
Sala de reclusion psiquiátrica	10	5	0,12	0,6	5	1	
Sala de logopedia	5	2,5	0,06	0,3	20	1	
Sala de examen de atención urgente	7,5	3,8	0,12	0,6	20	2	
Sala de observación de urgencias	5	2,5	0,06	0,3	20	2	
Sala de tratamiento de urgencias	7,5	3,8	0,12	0,6	20	2	
Sala de traje de urgencias	10	5	0,18	0,9	20	3	

a. Los requisitos de esta tabla proporcionan una CAI aceptable. Los requisitos de esta tabla no abordan la transmisión aérea de virus, bacterias y otros contagios infecciosos.

b. Estas tarifas están destinadas únicamente a clínicas dentales ambulatorias donde la cantidad de óxido nítrico es limitada. No están destinados a consultorios dentales en edificios institucionales donde se canaliza el óxido nítrico.

Anexo E (informativo)

Información sobre normas y guías internacionales seleccionadas para MP10, MP2,5 y ozono

La cláusula 4 requiere que se determine el estado de cumplimiento con Las Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS) para el área geográfica del sitio de construcción. La Tabla E.1 es una tabla representativa que presenta la información NAAQS para los Estados Unidos. Los enlaces a información detallada sobre la norma de calidad del aire ambiental y los niveles de contaminantes para otros condados y regiones seleccionados son los siguientes:

- U.S. NAAQS: www.epa.gov/green-book and www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table
- Canadian Ambient Air Quality Standards: www.ccme.ca/en/air-quality-report#slide-7
- Hong Kong Air Quality Objectives: www.epd.gov.hk/epd/english/environment/hk/air/air_quality_objectives/air_quality_objectives.html
- Singapore Air quality Targets: www.nea.gov.sg/our-services/pollution-control/air-pollution/air-quality
- European Commission Air Quality Standards: ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm Brazil Air Quality Standards: www.transportpolicy.net/index.php?title=Brazil:_Air_Quality_Standards
- World Health Organization (WHO) Air Quality Guideline Values: [www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

La Ley de Aire Limpio (www.epa.gov/clean-air-act-overview), que se modificó por última vez en 1990, requiere que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA) establezca NAAQS (40 CFR parte 50) para los contaminantes considerados nocivo para la salud pública y el medio ambiente. La Ley de Aire Limpio identifica dos tipos de NAAQS. Las normas primarias brindan protección a la salud pública, incluida la protección de la salud de las poblaciones "sensibles", como los asmáticos, los niños y los ancianos. Las normas secundarias brindan protección del bienestar público, incluida la protección contra la disminución de la visibilidad y el daño a animales, cultivos, vegetación y edificios.

La EPA de EE.UU. ha establecido NAAQS para seis contaminantes principales, que se denominan contaminantes atmosféricos de "criterio" (www.epa.gov/criteria-air-pollutants). Periódicamente, las normas se revisan y pueden revisarse. Las normas actuales se enumeran en la Tabla E.1. Las unidades de medida de las normas son partes por millón (ppm) por volumen, partes por billón (ppb) por volumen y microgramos por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla E.1 – NAAQS para los Estados Unidos
(www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table)

Contaminante	Primario/ Secundario	Tiempo promedio	Nivel	Forma	
Monóxido de Carbono (CO) www.epa.gov/co-pollution/table-historical-carbon-monoxide-co-national-ambient-air-quality-standards-naaqs	Primario	Ocho (8) horas	9 ppm	No se debe exceder más de una vez al año	
		1 (1) hora	35 ppm		
Plomo (Pb) www.epa.gov/lead-air-pollution/table-historical-lead-pb-national-ambient-air-quality-standards-naaqs	Primario y secundario	Promedio móvil de tres (3) meses	0.15 µg/m ³ (Nota 1)	No se debe exceder	
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) www.epa.gov/no2-pollution/table-historical-nitrogen-dioxide-national-ambient-air-quality-standards-naaqs	Primario	1 (1) hora	100 ppb	Percentil noventa y ocho (98) de las concentraciones máximas diarias en una hora, promediadas durante tres años	
	Primario y secundario	Un (1) año	53 ppb (Nota 2)	Media anual	
Ozono (O ₃) www.epa.gov/ozone-pollution/table-historical-ozone-national-ambient-air-quality-standards-naaqs	Primario y secundario	Ocho (8) horas	0.070 ppm (Nota 3)	La cuarta concentración máxima diaria anual más alta en 8 h, promediada durante tres años	
Materia particulada (MP) www.epa.gov/pm-pollution/table-historical-particulate-matter-pm-national-ambient-air-quality-standards-naaqs	MP2,5	Primario	Un (1) año	12.0 µg/m ³	Media anual, promediada durante tres años
		Secundario	Un (1) año	15.0 µg/m ³	Media anual, promediada durante tres años
		Primario y secundario	Veinticuatro (24) horas	35 µg/m ³	Percentil noventa y ocho (98), promediado durante tres años
	MP10	Primario y secundario	Veinticuatro (24) horas	150 µg/m ³	No debe excederse más de una vez al año en promedio durante tres años
Dióxido sulfúrico (SO ₂) www.epa.gov/so2-pollution/table-historical-sulfur-dioxide-national-ambient-air-quality-standards-naaqs	Primario	1 (1) hora	75 ppb (Nota 4)	Percentil noventa y nueve (99) de las concentraciones máximas diarias en una hora, promediadas durante tres años	
	Secundario	Tres (3) horas	0,5 ppm	No se debe exceder más de una vez al año	

NOTA 1 En áreas designadas como "incumplimiento" de las normas de Pb antes de la promulgación de las normas actuales (2008), y para las cuales no se han presentado ni aprobado planes de implementación para alcanzar o mantener las normas actuales (2008), las normas anteriores (1,5 µg/m³ como promedio del trimestre natural) también siguen vigentes.

NOTA 2 El nivel de la norma anual de NO_2 es de 0,053 ppm. Se muestra aquí en términos de ppb con el propósito de una comparación más clara con el nivel estándar de una hora.

NOTA 3 La regla final se firmó el 1 de octubre de 2015 y entró en vigor el 28 de diciembre de 2015. Las normas O_3 anteriores (2008) también siguen vigentes en algunas áreas. La revocación de las normas O_3 anteriores (2008) y la transición a las normas actuales (2015) se abordarán en la regla de implementación de las normas actuales.

NOTA 4 Las normas anteriores de SO_2 (0,14 ppm 24 h y 0,03 ppm anual) seguirán vigentes en ciertas áreas: (a) cualquier área para la cual aún no haya pasado un año desde la fecha de vigencia de la designación según la actual (2010), y (b) cualquier área para la cual no se haya presentado ni aprobado un plan de implementación que proporcione el cumplimiento de la norma actual (2010) y que se designe como "incumplimiento" según las normas SO_2 anteriores o no cumpla con los requisitos de una llamada SIP bajo las normas SO_2 anteriores (40 CFR 50.4^[3]). Una llamada SIP es una acción de la EPA que requiere que un estado vuelva a presentar todo o parte de su Plan de implementación estatal para demostrar el logro de los NAAQS requeridos.

Anexo F (informativo)

Ecuaciones de balance de masa aceptables para el uso con el procedimiento CAI

Al aplicar el Procedimiento de Calidad del Aire Interior de la subcláusula 6.3, se puede emplear el análisis de balance de masas para determinar los requisitos de ventilación del aire exterior para controlar las concentraciones y cumplir con los objetivos de diseño.

La Tabla F.1 presenta ecuaciones de balance de masa para el análisis de sistemas de una sola zona. Las Figuras F.1 y F.2 muestran sistemas representativos de una sola zona. Un filtro puede estar ubicado en la corriente de aire recirculado (ubicación A) o en la corriente de aire de suministro (mixto) (ubicación B). Las ecuaciones no toman en cuenta las fuentes dentro del sistema HVAC que pueden ocurrir, como la liberación de gases del filtro, el arrastre de recuperación de energía de gases específicos o la generación de partículas o compuestos.

Los sistemas de una zona VAV reducen la velocidad de circulación cuando la carga térmica es inferior a la carga de diseño.

Esto se explica por una fracción de reducción de flujo (F_f).

Se puede escribir y usar una ecuación de balance de masa para cada compuesto de diseño o MP2,5 para determinar el flujo de aire exterior requerido o la concentración resultante de la zona de respiración para las diversas configuraciones del sistema.

En la Tabla F.1 se describen seis permutaciones para los sistemas de distribución de aire de zona única y manejo de aire. Las ecuaciones de balance de masa para calcular el flujo de aire exterior requerido y la concentración de contaminantes en la zona de respiración en condiciones de estado estable para cada sistema de una sola zona se presentan en la Tabla F.1.

Si se especifica el objetivo de diseño de la zona de respiración permisible, las ecuaciones de Tabla F.1 pueden resolverse para la tasa de flujo de aire exterior de la zona (V_{O2}). Cuando se especifica la tasa de flujo de aire exterior de la zona, las ecuaciones pueden resolverse para el compuesto de diseño de la zona de respiración resultante o la concentración de MP2,5.

Si bien los métodos de cálculo de este anexo se basan en sistemas de una sola zona y análisis de estado estacionario, también están disponibles métodos de cálculo que toman en cuenta los efectos transitorios y de zonas múltiples (ver Dols y Walton [2002] en el Anexo P).

Tabla F.1 – Flujo de aire exterior requerido en la zona o concentración de contaminantes en la zona de respiración del espacio con recirculación y filtración para sistemas de una sola zona

Tasa de recirculación requerida				
Ubicación del filtro	Caudal	Flujo de aire exterior	Flujo de aire exterior de zona requerido (V_{oz} en la cláusula 6)	Concentración de contaminantes en la zona de respiración espacial
Ninguna	VAV	100%	$V_{oz} = \frac{N}{E_z F_r (C_{bz} - C_o)}$	$C_{bz} = C_o + \frac{N}{E_z F_r V_{oz}}$
A	Constante	Constante	$V_{oz} = \frac{N - E_z R V_r E_f C_{bz}}{E_z (C_{bz} - C_o)}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z V_{oz} C_o}{E_z (V_{oz} + R V_r E_f)}$
A	VAV	Constante	$V_{oz} = \frac{N - E_z F_r R V_r E_f C_{bz}}{E_z (C_{bz} - C_o)}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z V_{oz} C_o}{E_z (V_{oz} + F_r R V_r E_f)}$
B	Constante	Constante	$V_{oz} = \frac{N - E_z R V_r E_f C_{bz}}{E_z [C_{bz} - (1 - E_f)(C_o)]}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z V_{oz} (1 - E_f) C_o}{E_z (V_{oz} + R V_r E_f)}$
B	VAV	100%	$V_{oz} = \frac{N}{E_z F_r [C_{bz} - (1 - E_f)(C_o)]}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z F_r V_{oz} (1 - E_f) C_o}{E_z F_r V_{oz}}$
B	VAV	Constante	$V_{oz} = \frac{N - E_z F_r R V_r E_f C_{bz}}{E_z [C_{bz} - (1 - E_f)(C_o)]}$	$C_{bz} = \frac{N + E_z V_{oz} (1 - E_f) C_o}{E_z (V_{oz} + F_r R V_r E_f)}$
Símbolo o sufijo		Definición		
A, B		Ubicación del filtro		
V		Caudal volumétrico		
B		Concentración de contaminante		
Ez		Efectividad de distribución de aire en la zona		
Ef		Eficiencia del filtro		
Fr		Factor de reducción del caudal de diseño		
N		Tasa de generación de contaminante		
R		Factor de recirculación de caudal		
Subscript: o		Exterior		
Subscript: r		Retorno		
Subscript: b		Respiración		
Subscript: z		Zona		

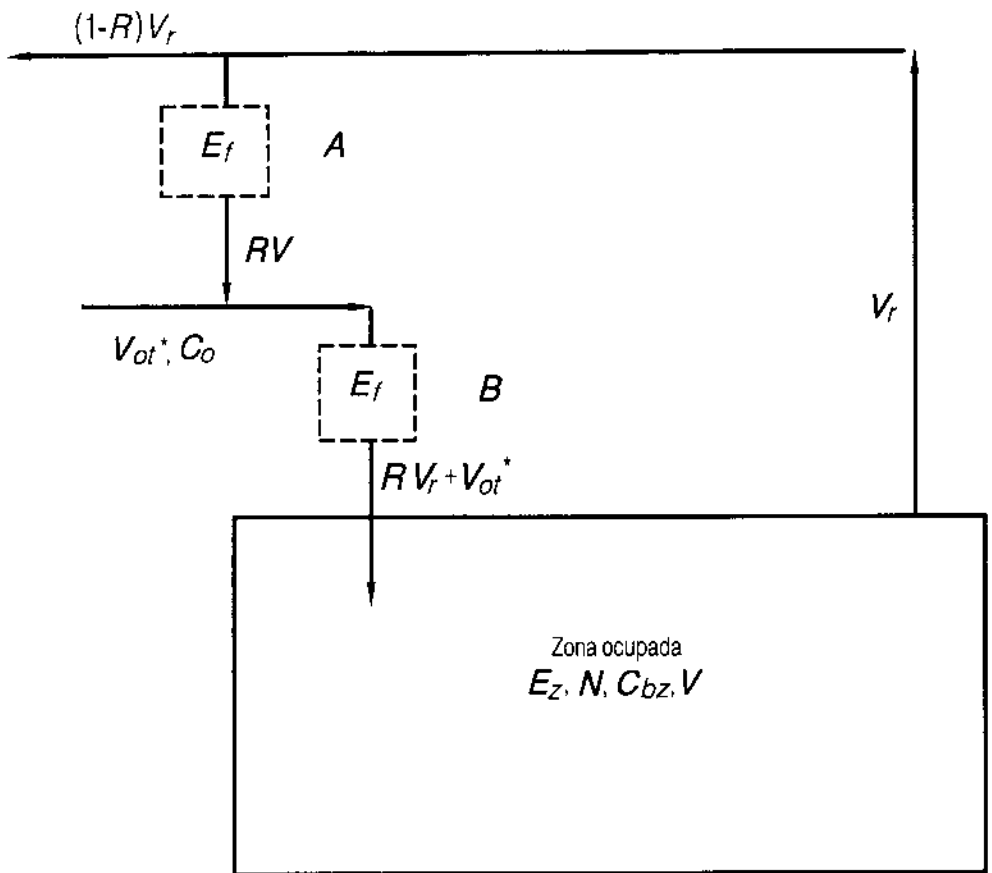


Figura F.1 – Esquema del sistema de ventilación sistema de volumen constante sin infiltración/exfiltración. (* $V_{ot} = V_{oz}$ para sistemas de una sola zona)

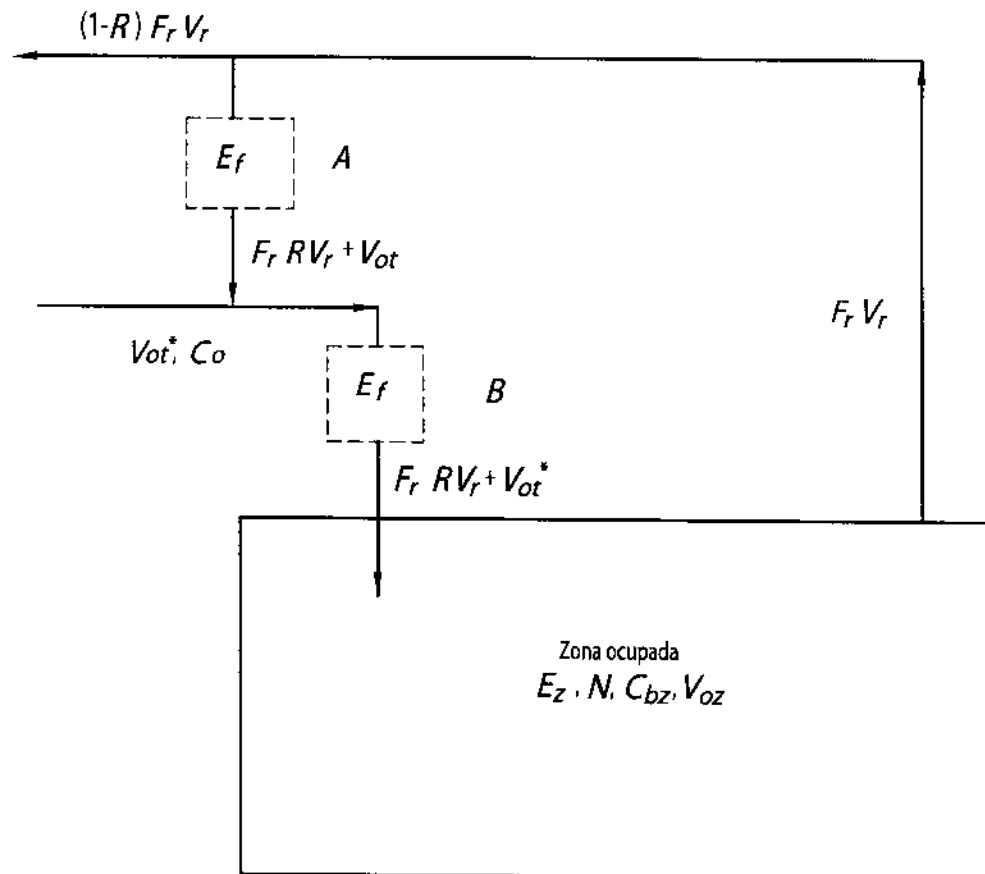


Figura F.2 – Esquema del sistema de ventilación sistema de volumen de aire variable sin infiltración/exfiltración. (* $V_{ot} = V_{oz}$ para sistemas de una sola zona)

Anexo G (informativo)

Cálculo simplificado de la tasa de ventilación para sistemas de recirculación de zonas múltiples que sirven solo categorías de ocupación especificadas en edificios existentes

G.1 Uso de este anexo

Este anexo está destinado a utilizarse para evaluar las tasas de ventilación en edificios existentes para programas de evaluación de edificios de terceros, como ASHRAE Building EQ (bEQ), Liderazgo en Energía y Medio Ambiente.

Diseño para edificios existentes: operaciones y mantenimiento (LEED EBOM), Energy Star, etc. El flujo de aire primario mínimo de la zona se incluye como guía para evaluar y ajustar la configuración mínima de la caja. Este anexo no está destinado a ser utilizado como base de diseño o para aplicaciones reglamentarias.

G.2 Toma de aire exterior

Para los sistemas de recirculación de zonas múltiples que atienden solo a las categorías de ocupación enumeradas en la Tabla G.1, el flujo de entrada de aire exterior objetivo ($V_{objetivo}$) se determina de acuerdo con la Ecuación G.1. Para todos los demás sistemas, V_{target} se establece igual a V_{ot} de acuerdo con la subcláusula 6.2.4.4. Si los flujos mínimos de entrada de aire exterior medidos al nivel del sistema cumplen o superan el $V_{objetivo}$, entonces el sistema cumple con los criterios de este anexo.

$$V_{target} = \sum_{all\ zones} A_z \times R_s \quad (G.1)$$

en que:

A_z = área de piso de la zona, el área neta de piso utilizable de la zona de ventilación, m² (ft²);

R_s = caudal de aire exterior requerido por unidad de área según lo determinado en la Tabla G.1.

G.3 Flujo de aire primario mínimo de zona

Para cada zona, el flujo de aire primario mínimo (V_{pz-min}) se determina de acuerdo con la Ecuación G.2.

$$V_{pz-min} = A_z \times R_{pz} \quad (G.2)$$

en que:

R_{pz} = caudal de aire primario mínimo requerido por unidad de área según lo determinado en la Tabla G.1. Este es el flujo de aire de zona mínimo requerido para propósitos de ventilación.

Tabla G.1– Tasas mínimas de flujo de aire exterior y primario

Categorías de ocupación	Flujo de aire mínimo de la zona			
	Tasa de flujo de aire exterior R_e		Tasa de flujo de aire primario mínimo, R_{pz}	
	pcm/pies ²	L/s m ²	pcm/pies ²	L/s m ²
Centros educativos				
Aulas (de 5 a 8 años)	0,65	3,25	1,12	5,60
Aulas (a partir de 9 años)	0,82	4,10	1,41	7,05
Laboratorio de informática	0,65	3,25	1,12	5,60
Centro de medios	0,65	3,25	1,12	5,60
Música/teatro/danza	0,72	3,60	1,24	6,20
Módulo multiusos	1,42	7,10	2,45	12,25
General				
Conferencia/Reunión	0,44	2,20	0,76	3,80
Pasillos	0,11	0,55	0,19	0,95
Edificios de oficinas				
Salas de descanso	0,65	3,25	1,12	5,60
Vestíbulos de la entrada principal	0,19	0,95	0,33	1,65
Almacenes ocupables para materiales secos	0,12	0,60	0,21	1,05
Espacio de oficinas	0,15	0,75	0,26	1,30
Áreas de recepción	0,37	1,85	0,64	3,20
Ingreso de datos/teléfono	0,63	3,15	1,09	5,45
Espacios de reunión pública				
Bibliotecas	0,30	1,50	0,52	2,60

Anexo H (informativo)

Aplicación

Este anexo contiene sugerencias de aplicación y cumplimiento que tienen como objetivo ayudar a los usuarios y agencias de cumplimiento en la aplicación de esta norma.

Aunque la norma se puede aplicar tanto a edificios nuevos como existentes, sus disposiciones no pretenden ser aplicadas retroactivamente cuando se usa como un reglamento o código obligatorio.

En su mayor parte, NCh3308 (ASHRAE 62.1) está escrita específicamente para edificios nuevos porque algunos de sus requisitos suponen que se han cumplido otros requisitos dentro de la norma. En el caso de edificios existentes, la aplicación retroactiva y el cumplimiento de todos los requisitos de esta norma pueden no ser prácticos. Sin embargo, los principios establecidos en esta norma pueden aplicarse a la mayoría de los edificios comerciales e institucionales existentes. Algunos edificios existentes pueden lograr una CAI aceptable a pesar de no cumplir con los requisitos de NCh3308 (ASHRAE 62.1) debido, por ejemplo, a un buen mantenimiento y procedimientos de mejoras de capital; materiales de construcción que, por su antigüedad, tienen índices de emisión de contaminantes muy bajos; y muchos otros factores.

H.1 Aplicación

H.1.1 Edificios nuevos

Todas las cláusulas y anexos normativos deberían aplicarse a los edificios nuevos que se encuentran dentro del alcance de esta norma.

H.1.2 Edificios existentes

La norma debería aplicarse a los edificios existentes al menos en las circunstancias descritas en las siguientes subcláusulas.

H.1.2.1 Adiciones a edificios existentes

Todas las adiciones a edificios existentes deberían cumplir con los requisitos de esta norma como si la adición fuera un edificio nuevo. Se puede hacer una excepción cuando se amplía un sistema de ventilación existente para servir a la adición. En este caso, los componentes del sistema existentes, como ventiladores y equipos de refrigeración y calefacción, no necesitan cumplir con los requisitos de esta norma. Sin embargo, el sistema existente ampliado debería seguir cumpliendo con los códigos y normas de ventilación vigentes en el momento en que se permitió su construcción.

H.1.2.2 Reparaciones

La reparación (puesta en funcionamiento) del equipo existente u otros componentes del edificio no requiere que el edificio o cualquiera de sus componentes cumplan retroactivamente con esta norma.

H.1.2.3 Reemplazo

Cualquier componente de un edificio que se retire y se reemplace debería cumplir con los requisitos aplicables de la cláusula 5, "Sistemas y equipos", para ese componente. Se puede hacer una excepción en los casos en que se reemplace un componente de tamaño y tipo similar, siempre que se cumplan todos los requisitos de los códigos y normas utilizados en el momento del diseño e instalación del sistema original. Por ejemplo, el reemplazo de una unidad de aire acondicionado por una de capacidad similar no requeriría el cumplimiento retroactivo de las tasas de ventilación y otros requisitos de esta norma. Los componentes inalterados no necesitan cumplir retroactivamente excepto cuando hay alteraciones sustanciales (como se define a continuación).

H.1.2.4 Alteraciones sustanciales

Si se modifica sustancialmente un edificio, los requisitos de esta norma deberían cumplirse como si el edificio fuera nuevo. Un edificio se consideraría sustancialmente alterado si el costo de las revisiones supera el 50% del valor justo de mercado del edificio, excluyendo el costo del cumplimiento de esta norma.

H.1.2.5 Cambio en el uso

Si la categoría de aplicación espacial, como se indica en la Tabla 2, cambia, como de oficina a comercio minorista, las tasas de ventilación mínimas requeridas por la cláusula 6, "Procedimientos", deberían cumplirse para ese espacio.

H.1.2.6 Contaminantes

Los requisitos de ventilación de esta norma se basan en contaminantes químicos, físicos y biológicos que pueden afectar la calidad del aire.

H.1.2.7 Comodidad térmica

Esta norma no requiere el control de la comodidad térmica. Los requisitos para el confort térmico están contenidos en la Norma 55 de ASHRAE. Se debe considerar que existen fuertes correlaciones entre la percepción de la CAI de las personas y su percepción del confort térmico.

H.1.2.8 Limitaciones

Es posible que no se logre una CAI aceptable en todos los edificios que cumplan con los requisitos de esta norma por una o más de las siguientes razones:

- a. Debido a la diversidad de fuentes y contaminantes en el aire interior.
- b. Debido a los muchos otros factores que pueden afectar la percepción y aceptación de la CAI por parte de los ocupantes, como la temperatura del aire, la humedad, el ruido, la iluminación y el estrés psicológico.
- c. Debido al rango de susceptibilidad en la población.
- d. Debido al aire exterior que ingresa al edificio puede ser inaceptable o no limpiarse adecuadamente.

(La siguiente subcláusula proporciona un lenguaje de código modelo sugerido).

APLICACIÓN Y CUMPLIMIENTO

Aplicación

Edificios nuevos: todas las cláusulas y anexos normativos se aplican a los edificios nuevos que se encuentran dentro del alcance de esta norma.

Edificios existentes

Adiciones a edificios existentes: *Todas las adiciones a edificios existentes dentro del alcance de esta norma debe cumplir con los requisitos de todas las cláusulas y anexos normativos.*

Excepción: *Cuando un sistema de ventilación existente se amplía para dar servicio a una adición, los componentes del sistema existente, como ventiladores y equipos de refrigeración y calefacción, no necesitan cumplir con los requisitos de esta norma. Sin embargo, el sistema existente ampliado debe seguir cumpliendo con los códigos y normas de ventilaciones vigentes en el momento en que se permitió su construcción.*

Reparaciones: *Se deben permitir reparar (poner en funcionamiento) el equipo existente u otros componentes del edificio sin exigir que el edificio o cualquiera de sus componentes cumplan con esta norma.*

Reemplazo: *Cualquier componente de un edificio que se retire y reemplace debe cumplir con los requisitos aplicables de la cláusula 5, "Sistemas y equipos", de esta norma para ese componente. No se requiere que los componentes inalterados cumplan con los requisitos, excepto cuando sea necesario debido a un cambio en el uso.*

Excepción: *Reemplazo de un componente de construcción o equipo individual con un componente de tamaño y tipo similar, siempre que se cumplan todos los requisitos de los códigos vigentes en el momento del diseño e instalación del sistema original. Por ejemplo, el reemplazo de una unidad de aire acondicionado por una de capacidad similar no requeriría que se cumplan los requisitos de tasa de ventilación y otros requisitos de esta norma.*

Alteraciones sustanciales: *Si una edificación es alterada sustancialmente, todas las cláusulas y anexos normativos de esta norma se deben cumplir como si la edificación fuera nueva. Una edificación se debe considerar sustancialmente alterada si el costo de las revisiones excede el 50% del valor justo de mercado de la edificación, excluyendo el costo del cumplimiento de todas las cláusulas y anexos normativos de esta norma.*

Cambio de uso: *Si la categoría de aplicación espacial que se enumera en la Tabla 2 cambia, como de oficina a comercio minorista, se deben cumplir las tasas mínimas de ventilación requeridas por la cláusula 6, "Procedimientos", para ese espacio.*

Cumplimiento

Esta norma no exige demostrar que se ha logrado una CAI aceptable, por ejemplo, midiendo las concentraciones de contaminantes o encuestando a los ocupantes, excepto cuando así lo exija el Procedimiento CAI.

Anexo I (informativo)

Documentación

Este anexo resume los requisitos para la documentación contenida en el cuerpo de la norma utilizando una serie de plantillas que resumen los criterios de diseño utilizados y las suposiciones hechas para cumplir con esta norma. Una forma de cumplir con los requisitos de documentación de la norma es completar estas plantillas según corresponda durante el proceso de diseño del proyecto.

I.1 Calidad del aire exterior

La subcláusula 4.3 de esta norma requiere una investigación de la calidad del aire exterior en las inmediaciones del sitio del proyecto. Esta plantilla ofrece un medio para documentar los resultados de las investigaciones regionales y locales y las conclusiones alcanzadas con respecto a la aceptabilidad de la calidad del aire exterior para la ventilación interior.

I.2 Criterios de diseño de ventilación del edificio

Esta plantilla proporciona un medio para documentar criterios de diseño significativos para el edificio en general. Solo la última columna, de acuerdo con la subcláusula 5.10.3, es específicamente requerida por la norma. El uso de las otras columnas está motivado por el requisito de documentación general descrito en la subcláusula 6.6.

I.3 Procedimiento de tasa de ventilación

La subcláusula 6.2 permite el uso de este procedimiento basado en prescripción para diseñar sistemas de ventilación. Esta plantilla documenta las suposiciones hechas al usar este procedimiento según lo requerido por las subcláusulas 5.13.4 y 6.6.

I.4 Procedimiento de calidad del aire interior

La subcláusula 6.3 permite el uso de este procedimiento basado en el desempeño para diseñar sistemas de ventilación. Esta plantilla documenta los criterios de diseño y las suposiciones hechas al usar este procedimiento y la justificación del enfoque de diseño, según lo requiere la subcláusula 6.3.2.

Contaminantes de calidad del aire exterior regional	Cumplimiento o no cumplimiento
Material particulado (MP2,5)	(Sí/No)
Material particulado (MP10)	(Sí/No)
Monóxido de carbono - 1 h/8 h	(Sí/No)
Ozono	(Sí/No)
Dióxido de carbono	(Sí/No)

Piomo	(Sí/No)
Dióxido de azufre	(Sí/No)
Sondeo de calidad del aire exterior local	Fecha:
a) Área sondeada	(Breve descripción del lugar)
b) Instalaciones cercanas	(Breve descripción del tipo de instalaciones - industrial, comercial, de hospitalidad, etc.)
c) Olores o irritantes	(Enumerar y describir)
d) Columnas visibles	(Enumerar y describir)
e) Fuentes cercanas de escape de vehículos	(Enumerar y describir)
f) Vientos predominantes	(Dirección)
g) Otras observaciones	
h) Conclusiones	(Comentarios sobre la aceptación de la calidad del aire exterior)

Criterios de diseño de ventilación de edificación						
		Purificación de aire exterior requerido		Humedad relativa de espacio ocupado (elegir un criterio según 5.9.1)		Balanceo de aire (ver 5.1.3)
Toma de aire exterior de edificación total	Aire de escape de edificación total (ver 5.9.2)	Material particulado	Ozono	DP exterior máximo en carga latente interior máxima	SHR de espacio más bajo en condición exterior concurrente	
(cfm) (L/s)	(cfm) L/s)		(Sí/No) (Sí/No)	(% de RH basado en la selección de equipos)	(% de RH basado en la selección de equipos)	(NEBB, AABC, otro)

Identificación de espacio	Tipo de espacio	Densidad de ocupante	Tasa/Persona Tasa/SF	Efectividad de distribución de aire de zona	Eficiencia de ventilación de sistema	Clase de aire
(Enumerar número o nombre de cada zona de ventilación, tales como número o nombre de oficina, nombre de espacio en tienda minorista, número de sala de clase)	(Enumerar categoría de ocupación del espacio a partir de Tabla 2, tales como espacio de oficina, ventas minoristas, sala de clases de 5 a 8 años, otros)	(Personas/m ² o pies ²)	(cfm o (cfm o L/s)	(Tabla 5)	(Tabla 5 o Anexo A)	(Tablas 3 ó 4; incluir justificación si no está en estas tablas)

Estimaciones de procedimiento CAI							
Contaminante de interés	Fuente contaminante	Fuerza de contaminante	Concentración de objetivo contaminante			CAI recibido	Enfoque de diseño
			Límite	Período de exposición	Referencia de autoridad informada		
(Identificar y enumerar)	(Identificar y enumerar)	(Identificar y enumerar)	(Enumerar)	(Enumerar)	(Enumerar)	(Porcentaje de satisfacción de los ocupantes de la edificación)	(Seleccionar de 6.3.1.4 e incluir justificación)

Anexo J (informativo)

Fundamento de la tasa

La Tabla J.1 proporciona una descripción y la justificación de las tasas del Procedimiento de frecuencia de ventilación (VFP) de la Tabla 2, "Frecuencias mínimas de ventilación en la zona de respiración". Esta información puede ser útil para los diseñadores y otros profesionales.

Tabla J.1 – Justificación de la tasa

Ocupación categoría	Descripción/ Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/pie ²	Tasa de aire exterior por área, L/s.m ²	Clase de aire
Recintos penitenciarios						
Reservas/espera	La actividad de los ocupantes varía entre el sedentarismo y la caminata moderada. Los ocupantes generalmente son más habladores. Los ocupantes pueden no estar tan bien cuidados como los ocupantes típicos. Los niveles de estrés de los ocupantes son generalmente altos. Todo lo cual resulta en tasas metabólicas más altas. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	2
Celda	Las actividades de los ocupantes es principalmente sedentarias (sentadas o dormidas). Normalmente hay niveles más altos de contaminantes relacionados con el espacio debido a la presencia de un retrete, un lavabo y ropa almacenada. La presencia de un retrete es la razón principal por la que este espacio tiene una Clase de Aire 2.	5	2,5	0,12	0,6	2
Sala de día	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados, viendo la televisión). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/ Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/piel²	Tasa de aire exterior por área, L/s m²	Clase de aire
Puestos de vigilancia	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Centros educativos						
Sala de arte	La actividad de los ocupantes es moderada. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. Además, los ocupantes son principalmente niños con tasas metabólicas más altas. Hay importantes contaminantes relacionados con el espacio, como pinturas abiertas, pegamentos y productos de limpieza. La presencia de estos contaminantes abiertos hace que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	10	5	0,18	0,9	2
Aulas (de 5 a 8 años)	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). Sin embargo, los ocupantes son generalmente más habladores. Además, los ocupantes son principalmente niños con tasas metabólicas más altas y a menudo con más bioefluentes. Hay algunos contaminantes significativos relacionados con el espacio, generalmente se almacenan suministros para artes y artesanías y productos de limpieza.	10	5	0,12	0,6	1
Aulas (a partir de 9 años)	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). Sin embargo, los ocupantes son generalmente más habladores. Además, los ocupantes son principalmente niños con tasas metabólicas más altas y a menudo con más bioefluentes. Hay algunos contaminantes significativos relacionados con el espacio, generalmente se almacenan suministros para artes y artesanías y productos de limpieza.	10	5	0,12	0,6	1

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/ Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/pie ²	Tasa de aire exterior por área, L/s m ²	Clase de aire
Laboratorio de informática	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). Sin embargo, los ocupantes son generalmente más habladores. Además, los ocupantes pueden ser niños/jóvenes adultos con tasas metabólicas más altas. Hay algunos contaminantes importantes relacionados con el espacio, típicamente cartuchos de tóner y papel.	10	5	0,12	0,6	1
Guardería (hasta los 4 años)	La actividad de los ocupantes es moderada. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. Además, los ocupantes son principalmente niños pequeños con tasas metabólicas más altas. Hay importantes contaminantes relacionados con el espacio, como pañales, suministros para artes y oficios y productos de limpieza. Estos contaminantes, en particular los pañales, hacen que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	10	5	0,18	0,9	2
Aula de conferencias	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). Sin embargo, los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más elevadas. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	1
Sala de conferencias (asientos fijos)	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). Sin embargo, los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más elevadas. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	1
Centro de medios	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). Sin embargo, los ocupantes son generalmente más habladores. Además, los ocupantes son principalmente niños/adultos jóvenes con tasas metabólicas más altas y a menudo con más bioefluentes. Hay algunos contaminantes importantes relacionados con el espacio, por lo general cartuchos de tóner y papel (tanto de hojas sueltas como encuadradas).	10	5	0,12	0,06	1

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/ Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/pie ²	Tasa de aire exterior por área, L/s. m ²	Clase de aire
Módulo multiusos	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). Sin embargo, los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más elevadas. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	1
Música/teatro/danza	La actividad de los ocupantes es alta. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	10	5	0,06	0,3	1
Laboratorios científicos	La actividad de los ocupantes es moderada. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. Además, los ocupantes son principalmente niños con tasas metabólicas más altas. Hay importantes contaminantes relacionados con el espacio, incluidos los productos químicos abiertos y los productos de limpieza. La presencia de estos contaminantes abiertos hace que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2. Los límites de exposición regulados por la OSHA deben mantenerse, asegurando la presencia de aire definido clase 2. Esta condición está cubierta en la Tabla 3.	10	5	9,18	0,9	2
Laboratorios de la universidad/college	La actividad de los ocupantes es moderada. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. Además, los ocupantes tienen tasas metabólicas más altas. Hay importantes contaminantes relacionados con el espacio, incluidos los productos químicos abiertos y los productos de limpieza. La presencia de estos contaminantes abiertos hace que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2. Los límites de exposición regulados por la OSHA deben mantenerse, asegurando la presencia de aire definido clase 2. Esta condición está cubierta en la Tabla 3.	10	5	0,18	0,9	2

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/ Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/ple ²	Tasa de aire exterior por área, L/s m ²	Clase de aire
Taller de madera/metal	La actividad de los ocupantes es moderada. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. Además, los ocupantes pueden ser niños/jóvenes adultos con tasas metabólicas más altas. Hay importantes contaminantes relacionados con el espacio, como el aserrín, los aceites, las virutas de metal y los productos químicos. La presencia de estos contaminantes abiertos hace que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	10	5	0,18	0,9	2
Servicio de comidas y bebidas						
Bares, salas de cócteles	La actividad de los ocupantes es moderada (estar de pie, hablar, comer/beber, atender mesas). La presencia de grandes cantidades de bebidas abiertas y alimentos preparados crea niveles más altos de contaminantes relacionados con el espacio. Los olores asociados a comida y bebida hacen que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	7,5	3,8	0,18	0,9	2
Cafetería/comida rápida	La actividad de los ocupantes es moderada (estar de pie, hablar, comer, limpiar mesas). La presencia de grandes cantidades de alimentos preparados sin envasar crea niveles más altos de contaminantes relacionados con el espacio. Los olores de comida asociados hacen que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	7,5	3,8	0,18	0,9	2
Cocina	La actividad de los ocupantes es muy activa (caminar, hablar, comer, preparar alimentos y cocinar). La presencia de grandes cantidades de alimentos preparados sin envasar y cocinados crea niveles más altos de contaminantes en el espacio. Los olores de comida asociados hacen que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	7,5	3,8	0,12	0,6	2

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/ Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/pie ²	Tasa de aire exterior por área, L/s. m ²	Clase de aire
Comedores de restaurante	La actividad de los ocupantes es moderada (estar de pie, hablar, comer, atender mesas). La presencia de grandes cantidades de alimentos preparados sin envasar crea niveles más altos de contaminantes relacionados con el espacio. Los olores de comida asociados hacen que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	7,5	3,8	0,18	0,9	2
Servicio de Alimentos y Bebidas, General						
Salas de descanso	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). Los contaminantes en el espacio son limitados.	5	2,5	0,06	0,3	-
Estaciones de café	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria. Los contaminantes en el espacio son limitados.	5	2,5	0,06	0,3	-
Conferencia/Reunión	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Pasillos	Las personas que pasan por el pasillo se consideran transitorias y, por lo tanto, no son ocupantes. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	-	-	0,06	0,3	1
Almacenes ocupables para líquidos o geles	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). La concentración de productos procedentes de talleres aumenta el nivel de contaminantes en el espacio. La tasa de ventilación actual es consistente con otros ambientes de ocupación mínima/transitoria.	5	2,5	0,12	0,6	2
Hoteles, Moteles, Resorts, Dormitorios						
Zonas de dormitorios de los cuarteles	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (dormir). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Dormitorio/sala de estar	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o dormidos). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/piel²	Tasa de aire exterior por área, L/s m²	Clase de aire
Lavanderías, central	La actividad de los ocupantes es principalmente moderada. A menudo hay contaminantes habituales en el espacio relacionados con la limpieza.	5	2,5	0,12	0,6	2
Lavanderías dentro de las viviendas	La actividad de los ocupantes es principalmente moderada. A menudo hay contaminantes habituales en el espacio relacionados con la limpieza.	5	2,5	0,12	0,6	1
Vestíbulos/prefunción	La actividad de los ocupantes es principalmente estar de pie y caminar livianamente. Sin embargo, los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más elevadas. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,6	0,3	1
Unidad multiuso	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,6	0,3	1
Espacios varios						
Bancos o vestíbulos de bancos	La actividad de los ocupantes es principalmente estar de pie y caminar livianamente. Sin embargo, los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más elevadas. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	-
Bóvedas bancarias/caja fuerte	La actividad de los ocupantes es suave, generalmente de pie. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	2
Computador (no impresión)	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/pe ²	Tasa de aire exterior por área, L/s m ²	Clase de aire
Congelador y espacios refrigerados (< 50°F [10°C])	Los espacios de los almacenes refrigerados son significativamente diferentes de los almacenes convencionales en varios aspectos. Las bajas temperaturas disminuirán la emisión de contaminantes, como los compuestos orgánicos volátiles (COV), procedentes de los materiales almacenados en el espacio; las características de los artículos almacenados serán diferentes; y el tiempo de permanencia en el espacio por parte de los ocupantes puede ser más corto (especialmente) en los espacios mantenidos a temperaturas bajo cero.	10	5	0	0	2
Fabricación en general (excluye la industria pesada y los procesos que utilizan productos químicos)	La actividad de los ocupantes es moderada (estar de pie, caminar, reunirse). Se esperan niveles moderados de actividad en el espacio. La naturaleza desconocida de los contaminantes conduce a una categoría de aire de clase 3.	10	5	0,18	0,9	3
Farmacia (área de preparación)	La actividad de los ocupantes es principalmente trabajo ligero y de pie. Hay contaminantes relacionados con el espacio, como contenedores abiertos de medicamentos líquidos. La presencia de estos contenedores abiertos hace que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	5	2,5	0,18	0,9	2
Estudios fotográficos	La actividad de los ocupantes es principalmente un trabajo ligero. Hay grandes cantidades de productos químicos, muchos de ellos abiertos, lo que da lugar a niveles más altos de contaminantes en el espacio.	5	2,5	0,12	0,6	1
Envío/recepción	Las personas que mueven materiales tienen un mayor nivel de actividad.	10	2,5	0,12	0,6	1
Clasificación, empaquetado, ensamblaje ligero	La actividad de los ocupantes es moderada (estar de pie, caminar, reunirse). Puede haber niveles moderados de contaminantes relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,12	0,6	2
Cabinas telefónicas	Esto debe ser manejado como espacio desocupado.	-	-	-	-	-

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/piel²	Tasa de aire exterior por área, L/s m²	Clase de aire
Transporte en espera	La actividad de los ocupantes consiste principalmente en estar de pie y caminar de forma moderada a pesada. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	1
Bodegas	La actividad de los ocupantes es moderada (estar de pie, caminar, reunirse). Puede haber niveles moderados de contaminantes relacionados con el espacio.	10	5	0,06	0,3	2
Edificios de oficinas						
Salas de descanso	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). Los contaminantes en el espacio son limitados.	5	2,5	0,06	0,3	1
Vestibulos de la entrada principal	La actividad de los ocupantes es principalmente una caminata liviana transitoria. Se prevé que haya pocos contaminantes relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Almacenes ocupables para materiales secos	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). La concentración de productos almacenados aumenta el nivel de contaminantes en el espacio; sin embargo, se espera que las emisiones de material seco sean bajas.	5	2,5	0,06	0,3	1
Espacios de oficinas	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Áreas de recepción	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Ingreso de datos/teléfono	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/Razón	Espacios de reunión pública			Clase de aire	
		Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/pie ²		Tasa de aire exterior por área, L/s·m ²
Zona de asientos del auditorio	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Tribunales	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Cámaras legislativas	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Bibliotecas	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando suave). Grandes cantidades de libros crean niveles más altos de contaminantes en el espacio (polvo y olores).	5	2,5	0,12	0,6	1
Lobbies	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados o caminando ligeros). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1
Museos (infantiles)	La actividad de los ocupantes es moderada. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. Además, los ocupantes suelen ser niños pequeños con tasas metabólicas más altas. Normalmente hay algunos contaminantes importantes en el espacio, como alimentos y bebidas.	7,5	3,8	0,12	0,6	1
Museos/galerías	La actividad de los ocupantes es principalmente estar de pie y caminar livianamente. Sin embargo, los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más elevadas. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	1
Lugares de culto religioso	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria (sentados). No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	5	2,5	0,06	0,3	1

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/piel²	Tasa de aire exterior por área, L/s m²	Clase de aire
Comercio al por menor (Retail)						
Ventas (excepto las que se indican a continuación)	La actividad de los ocupantes es moderada. Movimiento constante de los ocupantes, como llevar paquetes y ser más activo verbalmente. La presencia de nuevas mercaderías crea niveles más altos de contaminantes en el espacio. Esta es la razón principal por la que el espacio se clasifica como Clase de Aire 2.	7,5	3,8	0,12	0,6	2
Peluquería	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria, y el personal realiza un trabajo moderado. Los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más altas. Hay algunos contaminantes importantes en el espacio (champús, desinfectantes y altos niveles de cabello humano). Sin embargo, estos están directamente relacionados con la ocupación más que con la superficie del suelo. Esta es la razón principal por la que este espacio está clasificado como Clase de Aires 2.	7,5	3,8	0,06	0,3	2
Salones de belleza y manicura	La actividad de los ocupantes es principalmente sedentaria, y el personal realiza un trabajo moderado. Los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más altas. Hay algunos contaminantes importantes en el espacio (champús, desinfectantes y altos niveles de cabello humano).	20	10	0,12	0,6	2
Lavanderías que funcionan con monedas	La actividad de los ocupantes consiste principalmente en caminar de forma moderada a intensa y puede incluir el transporte de paquetes. Hay algunos contaminantes importantes en el espacio (detergentes, desinfectantes, ropa sucia). Sin embargo, estos están directamente relacionados con la ocupación más que con la superficie del suelo. Esta es la razón principal por la que este espacio está clasificado como Clase de Aires 2.	7,5	3,8	0,12	0,6	2

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/piel²	Tasa de aire exterior por área, L/s.m²	Clase de aire
Áreas comunes de los centros comerciales	La actividad de los ocupantes consiste principalmente en caminar de forma moderada a pesada y puede incluir el transporte de paquetes. Los ocupantes suelen ser más habladores, lo que da lugar a tasas metabólicas más altas. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	1
Tiendas de animales (áreas para animales)	La actividad del ocupante es moderada (estar de pie, hablar, agacharse, caminar y llevar paquetes). La concentración de animales de diversas especies en confinamiento crea niveles más altos de contaminantes en el espacio. Esta concentración de animales, y el hecho de que se mantengan en confinamiento abierto, hace que este espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	7,5	3,8	0,18	0,9	2
Supermercado	La actividad de los ocupantes consiste principalmente en caminar de forma moderada a pesada y puede incluir el transporte de paquetes. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	1
Deportes y entretenimiento						
Bowling (asientos)	La actividad de los ocupantes es moderada (sentados, de pie, caminando, hablando, bebiendo). La presencia de comida y bebida abierta crea niveles moderadamente altos de contaminantes graves.	10	5	0,12	0,6	1
Pisos de discoteca/baile	La actividad de los ocupantes es alta. Hay una considerable actividad aeróbica. A menudo hay cantidades considerables de bebida abierta, lo que crea altos niveles de contaminantes en el espacio relacionados con las personas que lo utilizan.	20	10	0,06	0,3	1
Casinos de juego	La actividad de los ocupantes es moderada (sentados, de pie, caminando, hablando, bebiendo). La presencia de comida y bebida abierta crea niveles moderadamente altos de contaminantes graves.	7,5	3,8	0,18	0,9	1
Salas de videojuegos	La actividad de los ocupantes es moderada (sentados, de pie, caminando, hablando, bebiendo). La presencia de comida y bebida abierta crea niveles moderadamente altos de contaminantes graves.	7,5	3,8	0,18	0,9	1

(continúa)

Tabla J.1 -- Justificación de la tasa (continuación)

Ocupación categoría	Descripción/Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/piel²	Tasa de aire exterior por área, L/s.m²	Clase de aire
Gimnasio, estadio (área de juego)	La actividad de los ocupantes es alta. Hay una considerable actividad aeróbica. No hay contaminantes significativos relacionados con el espacio. La ocupación es variable, y la elevada tasa de aire exterior de la zona compensa la variación de la ocupación y la fuente local. La ventilación controlada basada en la demanda de CO ₂ en estos espacios debería considerar que el volumen por persona en estos espacios es habitualmente grande, lo que significa que los cambios de concentración de CO ₂ tendrán un retraso más largo de lo habitual con respecto a los cambios de ocupación.	20	10	0,18	0,9	2
Club de salud/sala de aeróbicos	La actividad de los ocupantes es alta. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. Hay importantes contaminantes en el espacio relacionados con las personas que lo utilizan.	20	10	0,06	0,3	2
Club de salud/salas de pesas	La actividad de los ocupantes es alta. Hay una considerable actividad aeróbica además de que los ocupantes son muy habladores. Hay importantes contaminantes en el espacio relacionados con las personas que lo utilizan.	20	10	0,06	0,3	2
Zonas de espectadores	La actividad de los ocupantes es moderada. Aunque los ocupantes pueden estar principalmente sentados, hay una considerable actividad verbal, así como de pie, vitoreando y caminando hacia las concesiones, etc. A menudo hay cantidades considerables de alimentos y bebidas abiertas, lo que crea altos niveles de contaminantes en el espacio.	7,5	3,8	0,06	0,3	1
Campo de deportes (campo de juego)	La actividad de los ocupantes es alta. Hay una considerable actividad aeróbica. La ocupación es variable, y la elevada tasa de aire exterior de la zona compensa la variación de la ocupación y las fuentes locales. La presencia de equipos de limpieza/restauración en las superficies de juego da lugar a niveles significativamente altos de contaminantes en el espacio.	20	10	0,18	0,9	2

(continúa)

Tabla J.1 – Justificación de la tasa (conclusión)

Ocupación categoría	Descripción/ Razón	Tasa de aire exterior de la gente, pcm/persona	Tasa de aire exterior de la gente, L/s/persona	Tasa de aire exterior por área, pcm/piel²	Tasa de aire exterior por área, L/s.m²	Clase de aire
Escenarios, estudios	La actividad de los ocupantes es moderada. Aunque los ocupantes pueden estar principalmente sentados, hay una considerable actividad verbal, así como de pie, vitoreando y caminando hacia las concesiones, etc. Los accesorios del escenario dan como resultado niveles más altos de contaminantes en el espacio. El nivel de contaminación no es lo suficientemente alto como para justificar una Clase de Aire 2.	10	5	0,06	0,3	1
Natación (piscina y cubierta)	Aunque la actividad de los ocupantes (natación) es alta, es principalmente anaeróbica. La ocupación es variable, y la elevada tasa de aire exterior de la zona compensa la variación de la ocupación y la fuente local. Además, los bioefluentes, como el sudor, se liberan en el agua en vez de en el aire. Por estas razones, no hay una tasa de aire exterior relacionada con la ocupación. El alto nivel de productos químicos en el agua de la piscina que son absorbidos por el aire a medida que el agua de esta se evapora crea niveles excepcionalmente altos de contaminantes en el espacio. La presencia de estos químicos, y su olor nocivo, hacen que el espacio sea clasificado como Clase de Aire 2.	-	-	0,48	2,4	2

Anexo K (informativo)

Información sobre ventilación natural

K.1 Datos de calidad del aire exterior

Los datos de la calidad del aire exterior pueden considerarse válidos si se demuestra que los datos son tanto física como espacialmente representativos.

Los datos físicamente representativos reflejan con precisión las condiciones de calidad del aire en la estación de monitoreo de la que se derivan. Los datos se consideran físicamente representativos si se obtienen de:

- a. informes de niveles históricos de contaminantes del aire publicados por la entidad local, regional o federal pertinente con la responsabilidad legal de recopilar y reportar información sobre la calidad del aire de acuerdo con reglamentos de calidad del aire aplicables, o
- b. una campaña de monitoreo en el sitio que sea comparable de manera verificable con las pautas y métodos locales, regionales o federales para demostrar el cumplimiento de las reglamentaciones aplicables de calidad del aire.

Los datos espacialmente representativos se recopilan de un sitio de monitoreo que puede diferir de la ubicación del proyecto propuesto, pero es informativo de las condiciones de calidad del aire en la ubicación del proyecto propuesto. Los datos pueden considerarse espacialmente representativos si son:

- a. los mismos que los utilizados por la entidad encargada de demostrar el cumplimiento normativo para la región geográfica que incluye la ubicación del proyecto propuesto, o
- b. derivado de una campaña de monitoreo *in situ* que también cumpla con el requisito establecido por el criterio (b) anterior.

K.2 Tasa de ventilación natural

Al calcular la tasa de ventilación, primero se deben determinar las rutas específicas del pasaje de flujo de aire previsto junto con las direcciones de flujo. Las dos fuerzas impulsoras de la ventilación natural son la flotabilidad y el viento, que pueden funcionar de manera cooperativa o competitiva en función de las condiciones ambientales de la velocidad del viento, la dirección, las temperaturas del aire/ superficie interior/exterior, así como la ruta y los mecanismos del flujo de aire intencional.

- a. En el caso de un sistema de ventilación natural diseñado que resulte en múltiples escenarios de flujo, cada fuerza debe examinarse y considerarse por separado.

- b. El cálculo específico basado en la presión del caudal de ventilación natural está documentado en el Manual de ASHRAE–Fundamentos, Capítulo 16, cláusula 10:
 - 1. El flujo de aire inducido por flotabilidad se puede calcular siguiendo la Ecuación 46.
 - 2. El flujo de aire impulsado por el viento se puede calcular siguiendo la Ecuación 45.
 - 3. La presión general (impulsada tanto por el viento como por el efecto de chimenea) convertida en la diferencia de presión resultante entre las aberturas se puede encontrar en la Ecuación 44.

Para obtener la presión impulsada por el viento, hay varios métodos disponibles:

- a. Manual de ASHRAE-Fundamentos, Capítulo 24, proporciona un método para convertir la velocidad y la dirección del viento en coeficientes de presión que se pueden usar para determinar la presión impulsada por el viento.
- b. CIBSE AM10, Capítulo 4, proporciona un método para dar cuenta de la ventilación impulsada por el viento y describe desafíos específicos en la subcláusula 4.4.1.
- c. Si el edificio se ha sometido a una prueba de estrés estructural en túnel de viento, la misma prueba puede proporcionar coeficientes de presión detallados.
- d. La simulación del flujo de aire exterior (como la simulación basada en la dinámica de fluidos computacional) se puede utilizar para obtener la condición de flujo específica en las aberturas previstas.

Para las aberturas previstas que son grandes, como un atrio o un balcón abiertos, y/o cuando la trayectoria del flujo no está bien definida, como cuando solo hay aberturas de un solo lado o de un solo lado, el sistema basado en la presión El método puede no ser válido y se debería utilizar una simulación vinculada exterior-interior.

Tabla K.1 – Soportes de intensidad de ventilación

Soporte	(L/s)/m ²	Pcm/pie ²	Soporte de tipologías especiales comúnmente encontradas
1	0,0 a 1,0	0,0 a 0,2	Oficina, sala de estar, vestíbulo de la entrada principal
2	1,0 a 2,0	0,2 a 0,4	Área de recepción, fabricación general, cocina, vestíbulo
3	2,0 a 3,0	0,4 a 0,6	Aula, guardería
4	3,0 a 4,0	0,6 a 0,8	Restaurante comedor, lugares de culto religioso
5	4,0 a 5,5	0,6 a 1,1	Auditorio, club de salud/sala de aeróbicos, bar, juegos de azar

No abordado: Sala de conferencias y áreas de espectadores (6 [L/s])/m²) y pisos de discotecas/baile (10,3 [L/s]/m²).

K.3 Ruta prescriptiva a cálculos

K.3.1 Intensidad de ventilación: Los espacios se han definido por una intensidad de ventilación, que representa la cantidad de tasa de flujo necesaria según la Ecuación 6-1, dividida por el área de piso del espacio. Sus unidades son (L/s)/m² de superficie o cfm/ft² de superficie.

$$\text{Intensidad de ventilación} = \frac{V_{bz}}{A_z} = \frac{R_p \times P_z + R_a \times A_z}{A_z} \quad (\text{K.1})$$

Se utilizan los corchetes de intensidad de ventilación en la Tabla K.1.

K.3.2 Aberturas individuales: El flujo a través de una sola abertura pronunciada debido al flujo bidireccional impulsado por la flotabilidad (V_{bd_sharp}) (ver Etheridge y Sandberg [1996] en el Anexo P) se expresa de la siguiente manera:

$$V_{so_sharp} = 0,21 \times A_w \times \sqrt{g H_s \frac{\Delta T}{T_{ref}}} \quad (\text{K.2})$$

en que:

A_w = área libre de obstrucciones de la ventana o área de apertura;

ΔT = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. Dada la naturaleza conservadora de una ruta prescriptiva, se supone una diferencia de temperatura de 1 °C (1,8 °F) para estos cálculos. En realidad, esta temperatura dependerá de las ganancias internas en el espacio y probablemente será superior a 1 °C (1,8 °F), lo que generará flujos de aire más altos (y un requisito de área de ventana más pequeña);

H_s = dimensión vertical de la abertura;

g = constante de gravedad;

T_{ref} = temperatura de referencia en Kelvin (o Rankine), típicamente igual a T_{in} , T_{out} o un promedio esperado. Para estos cálculos se supuso una temperatura de referencia de 21 °C (70 °F, 294 K).

Se incorpora un factor de seguridad suponiendo que se utilice una ventana de toldo. Las ventanas tipo toldo (o con bisagras superiores) se encuentran entre las ventanas más comunes que se utilizan para la ventilación natural y, debido a su distribución desigual del área vertical, son más ineficientes que una ventana corrediza (abertura pronunciada) en el flujo de conducción. Una eficiencia de alrededor del 83% (valor utilizado en estos cálculos) en comparación con las ventanas correderas se deduce de:

$$V_{so} = V_{so_sharp} \times \epsilon_w \quad (\text{K.3})$$

Suponiendo una relación alto-ancho para la ventana de RH/W ($R = H/W$), el área de la ventana se puede reescribir como

$$A_w = \frac{H_s^2}{R_{H/W}} \quad (\text{K.4})$$

Por lo tanto, el área de apertura requerida como una fracción del área del piso de la zona se calcula igualando el flujo bidireccional impulsado por la flotabilidad a través de una sola abertura de todo (V_{so}) con el índice de flujo objetivo (V_{bz}) obtenido de la Tabla 2.

$$V_{so} = V_{bz} \quad (K.5)$$

Y resolviendo para el área de la ventana,

$$\frac{A_w}{A_z} = \left(\frac{V_{bz}}{0,21 \times 0,83 \times R_{H/W}^4 \times \sqrt{g \frac{\Delta T}{T_{ref}}}} \right)^{4/5} \times \frac{1}{A_z} \times 100 \quad (K.6)$$

K.3.3 Aberturas espaciadas verticalmente: El caudal (V_{vs}) a través de aberturas espaciadas verticalmente de áreas A_s (la suma más pequeña de áreas de abertura ya sea aberturas superiores o aberturas inferiores) y A_l (la suma más grande de áreas de abertura ya sea aberturas superiores o aberturas inferiores) se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$V_{vs} = A_{eff} \times C_d \times \sqrt{2g\Delta H \frac{\Delta T}{T_{ref}}} \quad (K.7)$$

en que:

A_{eff} = área de ventana efectiva, definida como:

$$A_{eff} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{A_s^2} + \frac{1}{A_l^2}}} = \frac{A_s}{\sqrt{1+R^2}} = \frac{A_w}{\sqrt{1+R^2} \times \left(1 + \frac{1}{R}\right)} \quad (K.8)$$

A_w = suma total de todas las áreas de apertura

$$A_w = A_s + A_l \quad (K.9)$$

R = relación de área entre A_s y A_l

$$R = \frac{A_s}{A_l} \quad (K.10)$$

ΔH = distancia vertical más corta entre el centro de las aberturas inferiores y el de las aberturas superiores.

Todas las demás constantes son las mismas que en el escenario de apertura única.

Por lo tanto, el área de apertura requerida como una fracción del área del piso de la zona se calcula igualando el flujo a través de dos conjuntos de aberturas de espacios verticales (V_{vs}) con el índice de flujo objetivo (V_{bz}) obtenido de la Tabla 2.

$$V_{so} = V_{bz} \quad (K.11)$$

Solución para el área de la ventana:

$$\frac{A_w}{A_z} = \frac{V_{bz}}{C_d \times \sqrt{2g\Delta H \frac{\Delta T}{T_{ref}}}} \times \sqrt{1+R^2} \times \left(1 + \frac{1}{R}\right) \times \frac{1}{A_z} \times 100 \quad (\text{K.12})$$

K.4 Control y accesibilidad (ventilación mixta)

La ventilación de modo mixto es un sistema híbrido que se utiliza para mantener la CAI y las temperaturas térmicas internas durante todo el año utilizando sistemas de ventilación tanto naturales como mecánicos.

- a. Los sistemas de ventilación natural utilizan fuerzas naturales como el viento y la flotabilidad térmica para ventilar y refrescar los espacios.
- b. Los sistemas de ventilación mecánica utilizan sistemas mecánicos con ventiladores para suministrar y extraer aire de un espacio, controlar la humedad y, si es necesario, filtrar posibles contaminantes.

Al utilizar preferentemente ventilación natural cuando las condiciones del aire exterior son adecuadas, se pueden minimizar los costos de energía y las emisiones de carbono. Los sensores se utilizan para identificar cuándo la ventilación natural es menos efectiva para proporcionar temperaturas interiores, niveles de humedad y niveles de contaminantes adecuados, e indican que debería ocurrir una transición a la ventilación mecánica. La transición entre modos puede ser manual o automática, según lo dicten las necesidades del propietario/ocupantes. El uso de cada modo cuando corresponda garantizará una CAI aceptable durante todo el año.

Anexo L (informativo)

Cumplimiento

Este anexo contiene sugerencias de cumplimiento destinadas a ayudar a los usuarios y agencias de cumplimiento en la aplicación de esta norma.

L.1 Cláusula 4

- ¿Se incluye la documentación de la calidad del aire exterior como se requiere en la subcláusula 4.3?

L.2 Cláusula 5

- ¿Están incluidas las disposiciones de equilibrio de aire en la documentación de diseño como se requiere en la subcláusula 5.10?
- Si el sistema es un sistema plenum, ¿se especifican las disposiciones para proporcionar un flujo de aire mínimo en la zona de respiración?
- ¿Cumplen los conductos de escape con los requisitos de la subcláusula 5.14?
- ¿Se especifican los controles de los sistemas de ventilación según la subcláusula 5.18?
- ¿Las especificaciones incluyen la resistencia al moho y la erosión para las superficies de corrientes de aire según la subcláusula 5.11?
- ¿Están enumeradas las distancias de separación entre las tomas de aire exterior y las fuentes y cumplen con la subcláusula 5.4?
- ¿Hay algún equipo que no sea de combustión que requiera escape (subcláusula 5.16)?
- ¿Se proporciona aire de combustión para los aparatos que queman combustible (subcláusula 5.15)?
- ¿Se especifican filtros apropiados aguas arriba de los serpentines de enfriamiento o superficies húmedas (subcláusula 5.5)?
- ¿Se proporcionan cálculos de capacidad de deshumidificación y exfiltración del edificio (subcláusula 5.12)?
- ¿Cumplen las especificaciones de las bandejas de drenaje con los requisitos de la subcláusula 5.7?
- ¿Se especifican los serpentines según los requisitos de la subcláusula 5.6?

- Si los hay, ¿los humidificadores y los sistemas de rociado de agua cumplen con los requisitos de la subcláusula 5.8?
- ¿Se proporciona acceso para inspección, limpieza y mantenimiento de todos los equipos de ventilación y distribución de aire (subcláusula 5.19)?
- ¿Se incluye el manejo de la humedad (subcláusula 5.1) en el diseño de la envolvente del edificio, incluyendo específicamente,
 - barrera climática;
 - retardador de vapor;
 - sellar juntas exteriores, costuras y penetraciones; y
 - aislamiento en tuberías, conductos u otras superficies cuyas temperaturas se espera que caigan por debajo del punto de rocío del aire circundante?
- Si hay un estacionamiento adjunto, ¿las medidas de control del flujo de aire cumplen con los requisitos de la subcláusula 5.2?
- ¿Se limita la recirculación de espacios que contienen aire Clase 2 a espacios con el mismo propósito y con los mismos contaminantes siguiendo los requisitos de la subcláusula 5.13.3.2?
- ¿El aire de los espacios que contienen aire Clase 3 está contenido y no se transfiere a ningún otro espacio (subcláusula 5.13.3.3)?
- ¿Se expulsa todo el aire de los espacios que contienen aire Clase 4 directamente al exterior (subcláusula 5.13.3.4)?
- Si se espera que ETS esté presente, ¿cumple el diseño con todos los requisitos de separación de la subcláusula 5.3?

L.3 Cláusula 6 procedimiento de tasa de ventilación

- ¿Las categorías de ocupación son consistentes con los documentos de diseño del espacio?
- ¿Existen fuentes inusuales de contaminantes o compuestos? En caso afirmativo, se debe agregar ventilación según la subcláusula 6.3.5.

L.3.1 Filtración

- Si se excede la norma de MP10 como se informa en la cláusula 4, ¿se requiere la filtración según la subcláusula 6.1.4.1?
- Si se excede la norma de MP2,5 cómo se informa en la cláusula 4, ¿se requiere filtración según la subcláusula 6.1.4.2?
- Si se excede la norma de ozono y el área es Seria, Severa15, Severa17 o Extrema, se requiere filtración según la subcláusula 6.1.4.3 a menos que se documente una excepción.

L.3.2 Tasas de ventilación: Verificar el cumplimiento del índice de ventilación del aire exterior en la toma (V_{ot}) mediante el siguiente proceso.

- Calcular $V_{otdefault}$ utilizando la Ecuación L.1 utilizando la tasa de default combinada (R_c) del Anexo M y el área utilizable (A_z) de cada zona.

$$V_{otdefault} = \sum_{all\ zones} R_c \times A_z \quad (L.1)$$

- Calcular la ventilación adicional requerida por la subcláusula 6.2.1.1.2. La ventilación adicional es $V_{otadditional}$.

- Calcular $V_{otm\acute{a}x.}$ usando la Ecuación L.2.

$$V_{otm\acute{a}x.} = V_{otdefault} + V_{otadditional} \quad (L.2)$$

- Calcular $V_{otm\acute{i}n.}$ usando la Ecuación L.3.

$$V_{otm\acute{i}n.} = V_{otm\acute{a}x.} \times 0,75 \quad (L.3)$$

- La tasa de ventilación del sistema diseñado en la entrada de aire exterior (V_{ot}) debería estar entre $V_{otm\acute{i}n.}$ y $V_{otm\acute{a}x.}$.
- Los valores de V_{ot} para sistemas VAV de recirculación de zonas múltiples deberían estar cerca de $V_{otm\acute{a}x.}$.
- Los valores de V_{ot} para sistemas de aire exterior 100% (dedicados) que proporcionan aire templado deberían ser equivalentes a $V_{otm\acute{i}n.}$.
- Los valores de V_{ot} para otros sistemas deberían estar entre estos valores.
- Si se incluye el restablecimiento dinámico como parte del diseño, ¿cumple con todos los requisitos de la subcláusula 6.2.6?

Excepciones a L.3.2:

1. El flujo de aire exterior mínimo para los sistemas de recirculación de zonas múltiples diseñados con el Anexo A podría estar por debajo de $V_{otm\acute{i}n.}$. Se debería proporcionar una hoja de cálculo para confirmar que E_v para el sistema es mayor que 0,75.
2. El flujo de aire exterior mínimo para los sistemas diseñados con el Anexo C podría estar por debajo de $V_{otm\acute{i}n.}$. Se deberían proporcionar supuestos de cálculo de cualquier criterio de modelado y resultados para confirmar que los valores de E_z son mayores que 1,0.

L.4 Cláusula 6 procedimiento de calidad del aire interior

Para la PCAI:

- ¿Los documentos de diseño proporcionan una evaluación de lo siguiente?
 - Compuestos incluidos en el diseño (subcláusula 6.3.1)
 - La lista incluye todos los contaminantes de interés

- Fuentes interiores y tasas de emisiones para cada compuesto
- Fuentes exteriores y concentraciones esperadas para cada compuesto
- Períodos de exposición y límites de concentración
- Evaluación de mezclas
- Especificación de la aceptabilidad del CAI percibido
- Cálculo de concentraciones resultantes del diseño por balance de masa
- ¿Las especificaciones incluyen métodos de prueba?
- ¿Las especificaciones requieren que el proceso de evaluación subjetiva se realice en el edificio terminado?
 - Si se usa una zona sustancialmente similar para la evaluación subjetiva, ¿se proporcionan los resultados de pruebas anteriores, las condiciones y el diseño del sistema para verificar que la zona es sustancialmente similar?
- Si corresponde, ¿se incluyen las especificaciones apropiadas para el monitoreo y los controles de restablecimiento dinámico?

L.5 Cláusula 6 procedimiento de ventilación natural

Los sistemas de ventilación natural siguen la ruta de cumplimiento del sistema prescriptivo o diseñado.

Para la ruta de cumplimiento prescriptivo:

- ¿Se incluye un sistema mecánico que cumpla con la subcláusula 6.2 o la 6.3?
- Si no, ¿cumple el diseño con las Excepciones 1 o 2 de la subcláusula 6.4.1?
- ¿Las distancias máximas desde las aberturas cumplen con las subcláusulas 6.4.1.2, subcláusula 6.4.1.3 o subcláusula 6.4.1.4?
- ¿Cumplen los tamaños de las aberturas con los requisitos de la subcláusula 6.4.2?
- ¿Se especifica el área libre neta de las aberturas?
- ¿Se especifican las alturas del antepecho a la cabeza?
- ¿Se especifican los anchos de los agregados?
- ¿Están los controles fácilmente accesibles?

Para la ruta de cumplimiento diseñada:

- ¿Los documentos de diseño proporcionan una evaluación de lo siguiente?
 - Condiciones ambientales por hora, incluidas, entre otras, la temperatura de bulbo seco del Aire exterior; temperatura de derretimiento; concentración al aire libre de contaminantes de Interés (incluidos, entre otros, MP2,5, MP10 y ozono), donde haya datos disponibles; velocidad y dirección del viento; y ganancias internas de calor durante las horas esperadas de operación de ventilación natural.
 - El efecto de las pérdidas de presión a lo largo de las rutas del flujo de aire del flujo de aire de ventilación natural en las tasas de flujo resultantes, incluidos, entre otros, respiraderos de entrada, rejillas de transferencia de aire, chimeneas de ventilación y respiraderos de salida.
 - Calificación de las tasas de flujo de aire de ventilación natural de las rutas de flujo de aire identificadas que toman en cuenta las presiones de conducción inducidas térmicamente y por el viento.
 - El aire exterior se proporciona en cantidades suficientes para garantizar que los contaminantes y los olores de origen interior no den como resultado una CAI inaceptable según lo establecido en la subcláusula 6.2.1.1 y/o 6.3.
 - El aire exterior introducido en el espacio a través de las aberturas del sistema de ventilación natural no da como resultado una CAI inaceptable según las subcláusulas 6.1.4.1 a 6.1.4.4.
 - Se proporcionan barreras de aire interior y aislamiento efectivos que separan los espacios con ventilación natural de los espacios enfriados mecánicamente, asegurando que el aire exterior con un punto de rocío alto no entre en contacto con las superficies enfriadas mecánicamente.
- ¿Están los controles fácilmente accesibles?

L.6 Cláusula 6 extracciones

Los sistemas de ventilación por extracción siguen la ruta de cumplimiento prescriptiva o de desempeño.

Para la ruta de cumplimiento prescriptivo:

- ¿Cumple el flujo de aire con los requisitos de las Tablas 2 y 4?
 - Si no para algún espacio, ¿califica como una excepción?
- ¿Se han evaluado las intensidades de la fuente como se requiere en la subcláusula 6.5.1.1?

Para la ruta de cumplimiento de rendimiento:

- ¿Los documentos de diseño proporcionan una evaluación de lo siguiente?
 - Compuestos de interés para el diseño
 - Fuentes interiores y tasas de emisiones para cada compuesto

- Fuentes exteriores y tasas de emisiones traídas por el aire de ventilación
- Períodos de exposición y límites de concentración
- Evaluación de mezclas
- Cálculo de las concentraciones resultantes del diseño
- Si corresponde, ¿se incluyen las especificaciones apropiadas para el monitoreo y los controles de restablecimiento dinámico?

L.7 Ventilación para edificios existentes

Esta subcláusula proporciona orientación para determinar el cumplimiento de la norma para edificios existentes. Muchos programas de sustentabilidad y energía requieren que las tasas de ventilación de los sistemas cumplan con la Norma 62.1 de ASHRAE; sin embargo, los métodos para determinar el cumplimiento varía ampliamente. Este anexo pretende proporcionar un enfoque estandarizado y una guía clara para los profesionales que trabajan con edificios existentes.

Se puede considerar que un sistema de ventilación en un edificio existente cumple con la versión actual de la Norma 62.1 si el sistema cumple con todas las cláusulas de este anexo. Se debe considerar que el edificio cumple si todos los sistemas del edificio cumplen con todas las cláusulas de este anexo (subcláusulas L.7.1, subcláusula L.7.2 y L.7.3).

L.7.1 Filtración: La filtración cumple con las subcláusulas L.7.1.1 y la subcláusula L.7.1.2.

L.7.1.1 Filtración antes de los serpentines: La filtración cumple con la subcláusula 5.5, que requiere un mínimo de filtración MERV-8 o ISO ePM10 aguas arriba de los serpentines de enfriamiento que sirven a los espacios ocupados.

L.7.1.2 Filtración del aire exterior: La filtración cumple con la subcláusula 6.1.4, que requiere tratar el aire exterior con filtros o depuradores de aire apropiados si las condiciones locales de calidad del aire no cumplen con las normas nacionales de calidad del aire para PM10, MP2,5, ozono u otros. Contaminantes al aire libre.

L.7.2 Flujo de aire exterior: El siguiente proceso puede usarse para determinar si las tasas de flujo de aire exterior cumplen con el VRP de la norma actual. Las áreas ocupadas pueden determinarse por medición, planos de plantas dimensionadas o a partir de los datos del administrador del edificio. Las categorías de ocupación deberían reflejar cómo se usan los espacios actualmente, lo que puede diferir de la intención del diseño original. Verificar los criterios de diseño y los supuestos documentados de acuerdo con la subcláusula 6.6, si están disponibles.

L.7.2.1 Medición el flujo de aire exterior del sistema: Medir el flujo de aire exterior del sistema.

Las mediciones se pueden realizar directamente o mediante dispositivos de medición de flujo instalados en el sistema que están calibrados. Esta tasa es $V_{otmeasured}$.

L.7.2.2 Determinación el tipo de sistema y el flujo de aire exterior de diseño: Determinar el tipo de sistema y luego siga las instrucciones en la subcláusula correspondiente para determinar el flujo de aire exterior de diseño, $V_{otdesign}$.

L.7.2.2.1 Sistemas de Zona única: Determinar el diseño de V_{Ot} usando la subcláusula 6.2.2. La subcláusula 6.2.2 proporciona la Ecuación 6.3, que establece el flujo de entrada de aire exterior del sistema igual al flujo de aire exterior de la zona. Los flujos de aire exterior de la zona se calculan en la Ecuación 6.2 usando la efectividad de distribución del aire de la zona (E_z) enumerada en la Tabla 5.

L.7.2.2.2 Sistemas de aire exterior al 100%: Determinar el diseño de V_{Ot} utilizando la subcláusula 6.2.3. La subcláusula 6.2.3 proporciona la Ecuación 4, que suma todos los requisitos de flujo de aire exterior de la zona para determinar el requisito de flujo de aire exterior del sistema. Los flujos de aire exterior de la zona se calculan en la Ecuación 2 usando la efectividad de distribución del aire de la zona (E_z) enumerada en la Tabla 5.

L.7.2.2.3 Sistemas de recirculación de zonas múltiples: Determinar el diseño de V_{Ot} utilizando cualquier proceso enumerado en esta subcláusula. Los cálculos están ordenados del más simple al más complejo. Los métodos más simples generalmente resultan en flujos de aire de ventilación más conservadores (más altos).

L.7.2.2.3.1 Anexo G: Determinar $V_{otdesign}$ utilizando el Anexo G, que proporciona una tabla de índices mínimos de flujo de aire exterior y primario para categorías de ocupaciones específicas en edificios existentes: algunas instalaciones educativas, salas de conferencias, pasillos, espacios de oficina y bibliotecas.

L.7.2.2.3.2 Procedimiento simplificado: Determinar $V_{otdesign}$ usando la subcláusula 6.2.4 y el Procedimiento simplificado en la subcláusula 6.2.4.3, que proporciona un método simplificado para determinar la eficiencia de ventilación del sistema (E_v) según la distribución de ocupantes. Los valores de eficiencia de ventilación del sistema pueden variar de 0,22 a 0,75.

L.7.2.2.3.3 Procedimiento alternativo: Determinar el diseño de V_{Ot} usando la subcláusula 6.2.4 y el Procedimiento alternativo en el Anexo A, que proporciona crédito para la recirculación secundaria, pero requiere información detallada sobre el sistema y la ocupación a nivel de zona. La eficiencia de ventilación del sistema está determinada por la eficiencia de ventilación de la "zona crítica". El procedimiento alternativo proporciona crédito para la recirculación secundaria.

L.7.2.3 Determinación el cumplimiento del flujo de aire exterior: Si $V_{otmeasured} > V_{otdesign}$, el sistema cumple con los requisitos de flujo de aire exterior del VRP.

L.7.3 Controles: Confirmar que los controles del sistema de ventilación cumplan con los requisitos de la subcláusula 5.18, que requiere que se mantengan flujos de aire de ventilación mínimos en todas las condiciones de carga a través de controles manuales o automáticos.

Anexo M (informativo)

Tabla de verificación de tasa de ventilación

La Tabla M.1 no es para fines de diseño. Su objetivo es proporcionar valores de control. La tasa predeterminada por unidad de área se basa en un sistema de múltiples zonas con ocupación predeterminada y E_v predeterminado que equivale a 0,75. Este es el E_v por defecto en la tasa simplificada cuando $D > 0,60$.

Tabla M.1 – Tabla de verificación para el procedimiento de tasa de ventilación (VRP)

Categorías de ocupación	Tasa de aire exterior combinado (R_d)	
	Pcm/pie ²	L/s.m ²
Instalaciones para animales		
Sala de examen de animales (oficina veterinaria)	0,43	2,13
Imagenología animal (MRI/PET)	0,51	2,53
Quirófanos para animales	0,51	2,53
Sala de recuperación postoperatoria de animales	0,51	2,53
Quirófanos para animales	0,51	2,53
Salas de procedimientos para animales	0,51	2,53
Exfoliación de la cirugía de animales	0,51	2,53
Sala de espera de animales grandes	0,51	2,53
Necropsia	0,51	2,53
Sala de jaulas para animales pequeños (jaulas estáticas)	0,51	2,53
Sala de jaulas para animales pequeños (jaulas ventiladas)	0,51	2,53
Recintos penitenciarios		
Reservas/espera	0,58	2,93
Celda	0,33	1,63
Sala de día	0,28	1,40
Puestos de vigilancia	0,18	0,90
Centros educativos		
Sala de arte	0,51	2,53
Aulas (de 5 a 8 años)	0,49	2,47
Aulas (a partir de 9 años)	0,63	3,13
Laboratorio de informática	0,49	2,47
Enfermería de día	0,57	2,87

(continúa)

Tabla M.1 – Tabla de verificación para el procedimiento de tasa de ventilación (VRP) (continuación)

Categorías de ocupación	Tasa de aire exterior combinado (R_c)	
	Pcm/pe ²	L/s·m ²
Guardería (hasta los 4 años)	0,57	2,87
Aula de conferencias	0,73	3,69
Sala de conferencias (asientos fijos)	1,58	8,00
Bibliotecas	0,23	1,13
Centro de medios	0,49	2,47
Módulo multiusos	1,08	5,47
Música/teatro/danza	0,55	2,73
Laboratorios científicos	0,57	2,87
Laboratorios de la universidad/college	0,57	2,87
Tienda de madera/metal	0,51	2,53
Servicio de comidas y bebidas		
Bares, salas de cócteles	1,24	6,27
Cafetería/comida rápida	1,24	6,27
Cocina (cocinar)	0,36	1,81
Comedores de restaurante	0,94	4,75
Servicio de Alimentos y Bebidas, General		
Salas de descanso	0,25	1,23
Estaciones de café	0,21	1,07
Conferencia/Reunión	0,41	2,07
Pasillos	0,08	0,40
Almacenes ocupables para líquidos o geles	0,17	0,87
Hoteles, Moteles, Resorts, Dormitorios		
Zonas de dormitorios	0,21	1,07
Dormitorio/sala de estar	0,15	0,73
Lavanderías (central)	0,23	1,13
Lavanderías dentro de las viviendas	0,23	1,13
Vestíbulos/prefunción	0,38	1,92
Unidad multiuso	0,88	4,40
Espacios varios		
Bancos o vestíbulos de bancos	0,23	1,16
Bóvedas bancarias/caja fuerte	0,11	0,57
Computador (no impresión)	0,11	0,53
Congelador y espacios refrigerados (< 50°F [10 °C])	0,03	0,13

(continúa)

Tabla M.1 – Tabla de verificación para el procedimiento de tasa de ventilación (VRP) (continuación)

Categorías de ocupación	Tasa de aire exterior combinado (R_c)	
	Pcm/pe ²	L/s.m ²
Fabricación en general (excluye la industria pesada y los procesos que utilizan productos químicos)	0,33	1,67
Farmacia (área de preparación)	0,31	1,53
Estudios fotográficos	0,23	1,13
Envío/recepción	0,19	0,93
Clasificación, empaquetado, ensamblaje ligero	0,23	1,15
Cabinas telefónicas	0,00	0,00
Transporte en espera	1,08	5,47
Depósito	0,09	0,47
Edificios de oficinas		
Salas de descanso	0,49	2,47
Vestíbulos de la entrada principal	0,15	0,73
Almacenes ocupables para materiales secos	0,09	0,47
Espacio de oficinas	0,11	0,57
Áreas de recepción	0,28	1,40
Ingreso de datos/teléfono	0,48	2,40
Instalaciones de atención médica para pacientes externos		
Sala de partos	0,44	2,20
Salas de imágenes de clase 1	0,19	0,97
Clinica dental	0,51	2,53
Sala de exámenes generales	0,36	1,81
Otras áreas de tratamiento dental	0,11	0,57
Área de ejercicio de fisioterapia	0,43	2,13
Sala individual de fisioterapia	0,35	1,73
Área de la piscina físico-terapéutica	0,64	3,20
Sala de prótesis y ortopedia	0,51	2,53
Sala de consulta psiquiátrica	0,21	1,07
Sala de exámenes psiquiátricos	0,21	1,07
Sala de grupo psiquiátrico	0,41	2,07
Sala de aislamiento psiquiátrico	0,15	0,73
Sala de examen de atención urgente	0,36	1,81
Sala de observación de cuidados urgentes	0,21	1,07
Sala de tratamiento de urgencias	0,44	2,21

(continúa)

Tabla M.1 – Tabla de verificación para el procedimiento de tasa de ventilación (VRP) (conclusión)

Categorías de ocupación	Tasa de aire exterior combinado (R_a)	
	Pcm/pie ²	L/s.m ²
Unidad del triaje del servicio de urgencias	0,51	2,53
Sala de terapia del habla	0,21	1,07
Espacios de reunión pública		
Sala de asientos del auditorio	1,08	5,40
Tribunales	0,55	2,73
Cámaras legislativas	0,41	2,07
Bibliotecas	0,23	1,13
Lobbies	1,08	5,40
Museos (infantiles)	0,56	2,83
Museos/galerías	0,48	2,43
Lugares de culto religioso	0,88	4,40
Comercio al por menor (Retail)		
Ventas (excepto las que se indican a continuación)	0,31	1,56
Peluquería	0,33	1,67
Salones de belleza y manicura	0,83	4,13
Lavanderías que funcionan con monedas	0,36	1,81
Áreas comunes de los centros comerciales	0,48	2,43
Tiendas de animales (áreas para animales)	0,34	1,71
Supermercado	0,16	0,81
Deportes y entretenimiento		
Bowling (asientos)	0,69	3,47
Pisos de discoteca/baile	2,75	13,73
Casinos de juego	1,44	7,28
Salas de videojuegos	0,44	2,21
Gimnasio, estadio deportivo (playa arena)	0,43	2,13
Club de salud/sala de aeróbicos	1,15	5,73
Club de salud/sala de pesas	0,35	1,73
Zonas de espectadores	1,58	8,00
Escenarios, estudios	1,01	5,07
Natación (piscina y cubierta)	0,64	3,20

Anexo N (informativo)

Procedimiento de calidad del aire interior

N.1 Resumen de guía de calidad del aire seleccionado

Si se utiliza el PCAI, se necesitan límites de concentración aceptables en interiores para los compuestos de diseño (CD) y las partículas. Al utilizar este procedimiento, estos límites de concentración deben referenciarse por una Autoridad Competente, tal como se define en la norma. En la actualidad, ninguna organización única desarrolla límites de concentración aceptables para todas las sustancias en el aire interior, ni hay límites disponibles para todas las CD o partículas potenciales.

Las autoridades competentes, como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA), la EPA de California y el Comité para la Evaluación de Productos de Construcción Relacionados con la Salud (AgBB) publican límites de concentración para compuestos, muchos de los cuales pueden estar presentes en el ambiente interior. Los compuestos incluidos en el diseño de la PCAI deben incluirse si los datos se consideraron suficientes para indicar que es probable que un compuesto se encuentre en edificios en concentraciones que sean una fracción sustancial del objetivo de diseño propuesto. El objetivo no es incluir todos los compuestos posibles que pueden aparecer en el aire interior, sino una cantidad suficiente de compuestos diversos, de modo que se anticipe que el control de los compuestos resulte en una calidad del aire que cumpla con la definición de "aceptable" de la norma.

A continuación, se presenta un resumen de las consideraciones:

- a. ¿Se espera que un compuesto esté presente en el aire interior con una frecuencia razonable en concentraciones relevantes (pero no necesariamente superiores) al objetivo de diseño? Específicamente, la tasa de flujo de aire exterior de diseño (V_{O2}) y las características de diseño estarán controladas por los compuestos con las tasas de emisión más altas y los objetivos más bajos (tomando en cuenta las mezclas); por lo tanto, los compuestos con concentraciones bajas y objetivos altos tendrán poco o ningún impacto en la V_{O2} calculada.
- b. ¿Existe un objetivo de diseño propuesto por una Autoridad Competente?
- c. ¿Parece razonable esperar que las tasas de emisiones del producto estén disponibles para el compuesto propuesto?
- d. ¿Existe un método analítico y de muestreo establecido para el compuesto propuesto?

Los límites de exposición ocupacional (por ejemplo, los límites de exposición permisibles y los valores límite de umbral) no son apropiados como DT, ya que no están establecidos para CAI aceptable o para edificios comerciales típicos. En general, se desarrollaron para aplicaciones industriales que evalúan los efectos de sustancias en trabajadores varones adultos sanos.

N.2 Guía para tasas de emisión

Varios artículos revisados por pares publicados proporcionan una referencia para que los equipos de diseño la utilicen para compilar tasas de emisión de CC razonables. En la Sección N4 se muestra una lista no exhaustiva de artículos revisados por pares. Además, varios programas de certificación establecidos incluyen medidas empíricas de tasas de emisión para materiales de construcción, así como acabados, muebles y equipos destinados a uso en interiores. Estos incluyen programas de terceros, así como programas de asociaciones comerciales de la industria y programas en apoyo de las regulaciones gubernamentales (por ejemplo, el esquema de evaluación AgBB utilizado en Alemania y partes de Europa, Blue Angel, BIFMA, Green Label, France A+, CDPH Standard Method for prueba y evaluación de emisiones de COV [CDPH Sección 01350], Green guard, SCS Indoor Advantage Gold y Floorscore). Los ingenieros pueden usar las tasas de emisión para los materiales específicos que un diseñador incluye o considera usar. La PCAI (Sección 6.3) exige que las tasas de emisión consideren las CD emitidas por los ocupantes y sus actividades, por los materiales y por fuentes específicas dentro de los espacios ocupados e introducidas en el edificio con el aire exterior.

N.3 Evaluación subjetiva

La Sección 7.3.2 requiere que se lleve a cabo una encuesta de ocupantes. Se han utilizado muchos enfoques de evaluación subjetiva con diversos grados de éxito. El siguiente es un ejemplo de un enfoque de evaluación que se enfoca en ocupantes adaptados:

Después de que el edificio esté terminado y sustancialmente ocupado, proporcione a todos los ocupantes una encuesta electrónica o escrita de preguntas, que incluyen: “¿Percibe que la calidad del aire en su entorno es aceptable o inaceptable?”

Las encuestas anónimas con preguntas formuladas de manera neutral brindan las mejores respuestas.

Al realizar una evaluación de ocupantes adaptados, los encuestados deben registrar su percepción de la calidad del aire de la zona después de 30 min de residencia en la zona ocupada.

Todos los ocupantes deberían ser encuestados, si es posible. De lo contrario, se debería seleccionar al azar al menos el 50% de la ocupación típica, o 300, lo que sea menor.

Es deseable una tasa de respuesta mínima del 30% de los encuestados. Cada zona debe inspeccionarse según los requisitos de la Sección 6.3. La evaluación subjetiva valida la aceptabilidad del aire interior si el 80% de los encuestados en el área no expresan insatisfacción. El Centro para el Entorno Construido de UC Berkeley ha desarrollado una encuesta que incluye preguntas de CAI y puede ser una plantilla útil.

Anexo O (informativo)

Bibliografía

- [1] Ahn, J.H., J.E. Szulejko, K.H. Kim, Y.H. Kim, and B.W. Kim. 2014. Odor and VOC emissions from pan fry- ing of mackerel at three stages: Raw, well-done, and charred. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11(11):11753–71.
- [2] Apte, M.G. 2013. Final Report: Balancing energy conservation and occupant needs in ventilation rate stan- dards for Big Box stores in California: Predicted indoor air quality and energy consumption using a matrix of ventilation scenarios. LBNL Paper LBNL-5551E, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley.
- [3] Assadi, A.A., J. Palau, A. Bouzaza, J. Peña-Roja, V. Martínez-Soriac, and D. Wolbert. 2014. Abatement of 3-methylbutanal and trimethylamine with combined plasma and photocatalysis in a continuous planar reactor. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 282:1–8.
- [4] Barro, R., J. Regueiro, M. Llompert, C. Garcia-Jares. 2009. Analysis of industrial contaminants in indoor air: Part 1. Volatile organic compounds, carbonyl compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls. *Journal of Chromatography A* 1216(3):540–66.
- [5] Batterman, S, F.C. Su, S. Li, B. Mukherjee, and C. Jia. 2014. Personal exposure to mixtures of volatile organic compounds: modeling and further analysis of the RIOPA data. Research report (Health Effects Institute). 181:3–63.
- [6] Bi, X.H., G.Y. Sheng, Y.L. Feng, J.M. Fu, and J.X. Xie. 2005. Gas-and particulate-phase specific tracer and toxic organic compounds in environmental tobacco smoke. *Chemosphere* 61(10):1512–22.
- [7] Boraphech, P., and P. Thiravetyan. 2015. Removal of trimethylamine (fishy odor) by C-3 and CAM plants. *Environmental Science and Pollution Research* 22(15):11543–57.
- [8] Bradman, A., F. Gaspar, R. Castorina, J. Williams, T. Hoang, and P.L. Jenkins. 2017. Supporting Informa- tion: Formaldehyde and acetaldehyde exposure and risk characterization in California early childhood education environments. *Indoor Air* 27(1):104–113.
- [9] CDPH. 2006. Long-term building air measurements for volatile organic compounds including aldehydes at a California five-building sustainable office complex, (Vol. 1/2 and 2/2). Report #CA/ DHS/EHLB/R-172. California Department of Public Health, Sacramento, CA.
- [10] Chan, W.R., S. Cohn, M. Sidheswaran, D.P. Sullivan, and W.J. Fisk. 2015. Contaminant levels, source strengths, and ventilation rates in California retail stores. *Indoor Air* 25(4):381–92.

- [12] Choo, C.P., and J. Jalaludin. 2015. An overview of indoor air quality and its impact on respiratory health among Malaysian school-aged children. *Reviews on Environmental Health* 30(1):9–18.
- [13] Claeson, A.S., M. Sandstrom, A.L. Sunesson. 2007. Volatile organic compounds (VOCs) emitted from materials collected from buildings affected by microorganisms. *Journal of Environmental Monitoring* 9(3):240–5.
- [14] Cometto-Muniz, J.E., and M.H. Abraham 2015. Compilation and analysis of types and concentrations of air-borne chemicals measured in various indoor and outdoor human environments. *Chemosphere* 127:70–86. Cometto-Muniz, J.E., and W.S. Cain. 1992. Sensory irritation. Relation to indoor air pollution. *Annals of the New York Academy of Sciences* 641:137–51.
- [15] Dodson, R.E., J.I. Levy, E.A. Houseman, J.D. Spengler, and D.H. Bennett. 2009. Evaluating methods for predicting indoor residential volatile organic compound concentration distributions. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 19(7):682–93.
- [16] Dutton, S.M. 2014. Evaluation of the indoor air quality procedure for use in retail buildings. LBNL Paper LBNL-6079E, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, CA.
- [17] Fenske, J.D., and S.E. Paulson. 1999. Human breath emissions of VOCs. *Journal of the Air and Waste Management Association* 49(5):594–8.
- [18] Fischer, M.L., D. Littlejohn, M.M. Lunden, N.J. Brown. 2003. Automated measurements of ammonia and nitric acid in indoor and outdoor air. *Environmental Science and Technology* 37(10):2114–9.
- [19] Godwin, C, and S. Batterman. 2007. Indoor air quality in Michigan schools. *Indoor Air* 17(2): 109–21.
- [20] Harrison, R.M., J.M. Delgado-Saborit, S.J. Baker, N. Aquilina, C. Meddings, and S. Harrad. 2009. Measurement and modeling of exposure to selected air toxics for health effects studies and verification by bio-markers. Research report (Health Effects Institute) 143:3-96, Discussion 7–100.
- [21] Hau, K.M., D.W. Connell, and B.J. Richardson. 2000. Use of partition models in setting health guidelines for volatile organic compounds. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 31(1):22–9.
- [22] Hau, K.M., D.W. Connell, and B.J. Richardson. 2000. Use of partition models to evaluate guidelines for mixtures of volatile organic compounds. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 32(1):36–41.
- [23] Hodgson, A.T., and H. Levin. 2003. Volatile organic compounds in indoor air: A review of concentrations measured in North America since 1990. Report No. LBNL-51715, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
- [24] Hotchi, T., A.T. Hodgson, and W.J. Fisk. 2006. Indoor air quality impacts of a peak load shedding strategy for a large retail building. LBL Contract No. 500-03-026, PIER Demand Response Research Center, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
- [25] Ilacqua, V., O. Hänninen, N. Kuenzli, and M.F. Jantunen. 2007. Intake fraction distributions for indoor VOC sources in five European cities. *Indoor Air* 17(5):372–83.

- [26] Kinney, P.L., S.N. Chillrud, S. Ramstrom, J. Ross, and J.D. Spengler. 2002. Exposures to multiple air toxics in New York City. *Environmental Health Perspectives* 110:539–46.
- [27] Lamorena, R.B., and W. Lee. 2008. Influence of ozone concentration and temperature on ultra-fine particle and gaseous volatile organic compound formations generated during the ozone-initiated reactions with emitted terpenes from a car air freshener. *Journal of Hazardous Materials* 158(2-3):471–7.
- [28] Lee, S.C., S. Lam, and H.K. Fai. 2001. Characterization of VOCs, ozone, and MP10 emissions from office equipment in an environmental chamber. *Building and Environment* 36(7):837–42.
- [29] Lindgren, T. 2010. A case of indoor air pollution of ammonia emitted from concrete in a newly built office in Beijing. *Building and Environment* 45(3):596–600.
- [30] Liou, P.J., Z. Fan, J. Zhang, P. Georgopoulos, S.W. Wang, and P. Ohman-Strickland. 2011. Personal and ambient exposures to air toxics in Camden, New Jersey. Research report (Health Effects Institute) (160):3–127, Discussion 9–51.
- [31] Liu W, Zhang J, Zhang L, Turpin BJ, Weisel CP, Morandi MT, et al. Estimating contributions of indoor and outdoor sources to indoor carbonyl concentrations in three urban areas of the United States. *Atmospheric Environment*. 2006;40(12):2202-14.
- [32] Nagda, N.L., and H.E. Rector. 2003. A critical review of reported air concentrations of organic compounds in aircraft cabins. *Indoor Air* 13(3):292–301.
- [33] Nazaroff, W.W., and C.J. Weschler. 2004. Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmospheric Environment* 38(18):2841–65.
- [34] Norback, D., and G. Wieslander. 2002. Biomarkers and chemosensory irritations. *International Archives Of Occupational And Environmental Health* 75(5):298–304.
- [35] Ohura, T., T. Amagai, X. Shen, S. Li, P. Zhang, and L. Zhu. 2009. Comparative study on indoor air quality in Japan and China: Characteristics of residential indoor and outdoor VOCs. *Atmospheric Environment* 43(40):6352–9.
- [36] Oikawa, D., W. Takeuchi, S. Murata, K. Takahashi, and Y. Sekine. 2012. Measurement of concentrations of thioglycolic acid, dithiodiglycolic acid and ammonia in indoor air of a beauty salon. *Journal of Occupational Health*. 54(5):370–5.
- [37] Pant, P., S.K. Guttikunda, and R.E. Peltier. 2016. Exposure to particulate matter in India: A synthesis of findings and future directions. *Environmental Research* 147:480–96.
- [38] Park, J.S., and K. Ikeda. 2006. Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes. *Indoor Air* 16(2):129–35.
- [39] Repace, J.L., J.N. Hyde, and D. Brugge. 2006. Air pollution in Boston bars before and after a smoking ban. *BMC Public Health* 6:266.
- [40] Roda, C., I. Kousignian, C. Guihenneuc-Jouyaux, C. Dassonville, I. Nicolis, and J. Just. 2011. Formaldehyde exposure and lower respiratory infections in infants: Findings from the PARIS cohort study. *Environmental Health Perspectives*. 119(11):1653–8.

- [41] Rohr, A.C. 2013. The health significance of gas- and particle-phase terpene oxidation products: a review. *Environment international*. 60:145-62.
- [42] Saha, C.K., G.Q. Zhang, P. Kai, and B. Bjerg. 2010. Effects of a partial pit ventilation system on indoor air quality and ammonia emission from a fattening pig room. *Biosystems Engineering* 105(3):279–87.
- [43] Salonen, H.J., A.L. Pasanen, S.K. Lappalainen, H.M. Riuttala, T.M. Tuomi, and P.O. Pasanen. 2009. Air-borne concentrations of volatile organic compounds, formaldehyde and ammonia in Finnish office buildings with suspected indoor air problems. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 6(3):200–9.
- [44] Santarsiero, A., S. Fuselli, A. Piermattei, R. Morlino, G. De Blasio, and M. De Felice. 2009. Investigation of indoor air volatile organic compounds concentration levels in dental settings and some related methodological issues. *Annali dell'Istituto superiore di sanita* 45(1):87–98.
- [45] Sarigiannis, D.A., S.P. Karakitsios, A. Gotti, I.L. Liakos, and A. Katsoyiannis. 2011. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk. *Environment International* 37(4):743–65.
- [46] Sax, S.N., D.H. Bennett, S.N. Chillrud, P.L. Kinney, and J.D. Spengler. 2004. Differences in source emission rates of volatile organic compounds in inner-city residences of New York City and Los Angeles. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 14:S95–S109.
- [47] Schripp, T., S. Langer, and T. Salthammer. 2012. Interaction of ozone with wooden building products, treated wood samples and exotic wood species. *Atmospheric Environment* 54:365–72.
- [48] Siegel, J.A., J. Srebric, N. Crain, E. Nirlo, M. Zaatari, and A. Holsington. 2012. Ventilation and indoor air quality in retail stores (RP-1596). *HVAC&R Research* 20(2).
- [49] Smith, T.J., M.E. Davis, J.E. Hart, A. Blicharz, F. Laden, and E. Garshick. 2012. Potential air toxics hot spots in truck terminals and cabs. Research report (Health Effects Institute) (172):5–82.
- [50] Tham, K.W., M.S. Zuraimi, and S.C. Sekhar. 2004. Emission modelling and validation of VOCs' source strengths in air-conditioned office premises. *Environment International*. 30(8):1075–88.
- [51] Vainiotalo, S., V. Vaananen, and R. Vaaranrinta. 2008. Measurement of 16 volatile organic compounds in restaurant air contaminated with environmental tobacco smoke. *Environmental Research* 108(3):280–8. Wang, S., H.M. Ang, and M.O. Tade. 2007. Volatile organic compounds in indoor environment and photo-catalytic oxidation: state of the art. *Environment International* 33(5):694–705.
- [52] Wang, T.C. 1975. A study of bioeffluents in a college classroom. *ASHRAE transactions* 81(1):1–12.
- [53] Weisel, C.P. 2002. Assessing exposure to air toxics relative to asthma. *Environmental Health Perspectives* 110 Suppl. 4:527–37.
- [54] Winkle, M.R., and P.A. Scheff. 2001. Volatile organic compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and elements in the air of ten urban homes. *Indoor Air* 11(1):49–64.

- [55] Wolkoff, P. 2013. Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 216(4):371–94.
- [56] Wolkoff, P., C.K. Wilkins, P.A. Clausen, and G.D. Nielsen. 2006. Organic compounds in office environments—Sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry. *Indoor Air* 16(1):7–19.
- [57] Wu, X.M., M.G. Apte, R. Maddalena, and D.H. Bennett. 2011. Volatile organic compounds in small- and medium-sized commercial buildings in California. *Environmental Science and Technology* 45(20):9075–83.
- [58] Zaatari, M., and J. Siegel. 2014. Particle characterization in retail environments: Concentrations, sources, and removal mechanisms. *Indoor Air* 24(4):350–61.
- [59] Zhu, J., R. Newhook, L. Marro, and C.C. Chan. 2005. Selected volatile organic compounds in residential air in the city of Ottawa, Canada. *Environmental Science and Technology* 39(11): 3964–71.

Anexo P
(informativo)

Participantes en elaboración de Norma Chilena NCh3308

La Norma Chilena NCh3308 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y en su elaboración participaron las personas naturales y organizaciones siguientes:

MINVU

Instituto Nacional de Normalización, INN

ASHRAE CHILE

EECOS

Hermes Sepúlveda

Felipe Vidal Menares

René González

Roberto Mansilla

**Comportamiento térmico de edificios —
Transmisión de calor por el terreno — Métodos
de cálculo**

*Thermal performance of buildings — Heat transfer via the ground —
Calculation methods*

ICS 91.120.10



Número de referencia
NCh3117:2018
48 páginas

© INN 2018



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© INN 2018

Derechos de autor:

La presente Norma Chilena se encuentra protegida por derechos de autor o copyright, por lo cual, no puede ser reproducida o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin permiso escrito del INN. La publicación en Internet se encuentra prohibida y penada por la ley.

Se deja expresa constancia que en caso de adquirir algún documento en formato impreso, éste no puede ser copiado (fotocopia, digitalización o similares) en cualquier forma. Bajo ninguna circunstancia puede ser revendida. Asimismo, y sin perjuicio de lo indicado en el párrafo anterior, los documentos adquiridos en formato .pdf, tiene autorizada sólo una impresión por archivo, para uso personal del Cliente. El Cliente ha comprado una sola licencia de usuario para guardar este archivo en su computador personal. El uso compartido de estos archivos está prohibido, sea que se materialice a través de envíos o transferencias por correo electrónico, copia en CD, publicación en Intranet o Internet y similares.

Si tiene alguna dificultad en relación con las condiciones antes citadas, o si usted tiene alguna pregunta con respecto a los derechos de autor, por favor contacte la siguiente dirección:

Instituto Nacional de Normalización - INN

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago Downtown Torre 7, piso 18 • Santiago de Chile

Tel. + 56 2 2445 88 00

Correo Electrónico contacto@inn.cl

Sitio Web www.inn.cl

Publicado en Chile

Contenido	Página
Preámbulo	vi
0 Introducción	1
1 Alcance y campo de aplicación	2
2 Referencias normativas	2
3 Términos y definiciones	3
4 Símbolos y subíndices	4
4.1 Símbolos	4
4.2 Subíndices	5
5 Descripción del método	6
5.1 Salida	6
5.2 Descripción general	6
5.3 Coeficientes periódicos	7
6 Cálculo de transferencia de calor por medio del suelo	7
6.1 Datos de salida	7
6.2 Intervalos de tiempo de cálculo	9
6.3 Datos de entrada	9
6.4 Propiedades térmicas	10
6.5 Temperatura interna y datos climáticos	10
6.6 Transmitancia térmica y tasa de flujo de calor	11
6.7 Parámetros utilizados en los cálculos	13
7 Cálculo de transmitancias térmicas	14
7.1 7.1 Losa apoyada en terreno	14
7.2 Piso suspendido	16
7.3 Subterráneo calefaccionado	19
7.4 Subterráneo sin calefacción	22
7.5 Subterráneo parcialmente calefaccionado	23
7.6 Resistencia térmica efectiva de la construcción del piso	23
Anexos	
Anexo A (informativo) Cálculo de la tasa de flujo de calor a través del suelo	24
A.1 Métodos de cálculo	24
A.2 Tasa de flujo de calor mensual utilizando variaciones sinusoidales de temperatura	24
A.3 Tasa de flujo de calor mensual utilizando temperaturas promedio mensuales	27
A.4 Tasa de flujo de calor promedio según temporada de calor o de frío	27
A.5 Tasa de flujo de calor promedio anual	28
A.6 Tasa de flujo de calor mensual máxima	28
A.7 Coeficiente de transferencia de calor a través del suelo mensual como entrada para cálculos mensuales del balance térmico en una edificación	28
A.8 Transferencia de calor total durante la temporada de calor o la temporada de frío ..	29

Anexo B (normativo) Losa apoyada en terreno con aislamiento de borde	30
B.1 General	30
B.2 Aislamiento de borde horizontal	31
B.3 Aislamiento de borde vertical	32
Anexo C (informativo) Tasa de flujo de calor para las áreas centrales y de borde de una edificación	35
Anexo D (normativo) Aplicación a programas de cálculo dinámico	36
Anexo E (normativo) Ventilación bajo entresuelos	38
E.1 Expresiones generales para la temperatura media y la transmitancia térmica	38
E.2 Tasa de ventilación	39
E.3 Ventilación natural	39
E.4 Ventilación mecánica desde el interior	39
E.5 Ventilación mecánica desde el exterior	40
E.6 Espacio del entrepiso sin ventilación	40
E.7 Subterráneos no calefaccionados	40
Anexo F (normativo) Coefficientes de transferencia de calor periódica	41
F.1 General	41
F.2 Profundidad de penetración periódica	41
F.3 Diferencias de fase	42
F.4 Piso con losa apoyada en terreno: Sin aislamiento o con aislamiento completo	42
F.4.1 Variación de temperatura interna	42
F.4.2 Variación de temperatura externa	43
F.5 Losa apoyada en terreno con aislamiento de borde	43
F.5.1 Variación de temperatura interna	43
F.5.2 Variación de temperatura externa	43
F.6 Piso suspendido	44
F.6.1 General	44
F.6.2 Variación de temperatura interna	44
F.6.3 Variación de temperatura externa	44
F.7 Subterráneos calefaccionados	44
F.7.1 Variación de temperatura interna	44
F.7.2 Variación de temperatura externa	45
F.8 Subterráneos no calefaccionados	45
F.8.1 Variación de temperatura interna	45
F.8.2 Variación de temperatura externa	46
Anexo G (informativo) Bibliografía	48

Figuras

Figura 1 – Diagrama de losa apoyada en terreno	15
Figura 2 – Diagrama de piso suspendido	17

Figura 3 – Diagrama de una edificación con subterráneo calefaccionado.....	20
Figura A.1 – Ilustración de la variación de la temperatura externa en un año (en el hemisferio norte).....	25
Figura B.1 – Diagrama del aislamiento de borde horizontal	32
Figura B.2 – Aislamiento del borde vertical (capa de aislamiento)	33
Figura B.3 – Aislamiento del borde vertical (cimiento de baja densidad)	34

Tablas

Tabla 1 – Datos de salida	8
Tabla 2 – Identificadores para características geométricas de edificaciones.....	9
Tabla 3 – Identificadores para condiciones de límites de edificaciones.....	9
Tabla 4 – identificadores para las características térmicas de la estructura de la edificación.....	9
Tabla 5 – Identificadores para constantes	10
Tabla 6 – Propiedades térmicas del suelo.....	10
Tabla 7 – Valores del factor de protección contra el viento.....	19
Tabla F.1 – Profundidad de penetración perlódica.....	42
Tabla F.2 – Diferencia de fases (en meses).....	42

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico CL034 *Especialidades de la construcción*, Subcomité SC05 *Comportamiento térmico y uso de la energía*, para establecer un método de cálculo de transmisión de calor por el terreno en edificios

Esta norma está basada en la Norma Internacional ISO 13370:2017 *Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground - Calculation methods*.

La Nota Explicativa incluida en un recuadro en cláusula 2 Referencias normativas y en Anexo G Bibliografía, es un cambio editorial que se incluye con el propósito de informar la equivalencia de las Normas Internacionales citadas en esta norma con las Normas Chilenas.

Los Anexos B, D, E y F forman parte de la norma.

Los Anexos A, C y G no forman parte de esta norma, se insertan solo a título informativo.

Esta norma reemplazará a la norma NCh3117:2008 *Comportamiento térmico de edificios - Transmisión de calor por el terreno - Métodos de cálculo* y la deja no vigente técnicamente.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 24 de octubre de 2018.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

Comportamiento térmico de edificios — Transmisión de calor por el terreno — Métodos de cálculo

0 Introducción

Esta norma proporciona en parte los medios necesarios para evaluar la contribución que pueden realizar los productos y servicios de construcción para la conservación de energía y el rendimiento energético total de la edificación.

A diferencia de ISO 6946, que entrega métodos de cálculo de transmitancia térmica de los elementos de construcción al entrar en contacto con el aire exterior, esta norma trata de los elementos en contacto térmico con el suelo. La división entre estas normas internacionales se da a nivel de la superficie del piso interior para losa apoyada en terreno, pisos suspendidos y subterráneos sin calefacción, y a nivel de la superficie del suelo externo para subterráneos calefaccionados. Como regla general, se incluye un término para permitir un puente térmico asociado con la unión muro piso al evaluar la pérdida total de calor de una edificación utilizando métodos como ISO 13789.

Los cálculos de transmisión de calor por medio del suelo se pueden hacer de forma numérica, lo que permite el análisis de puentes térmicos, incluyendo uniones muro piso, con el fin de evaluar la temperatura mínima de superficie interna.

En esta norma se proporcionan métodos que consideran la naturaleza tridimensional de los flujos de calor en el suelo bajo las edificaciones.

La transmitancia térmica de los pisos entrega valores comparativos útiles de las propiedades de aislamiento de diferentes construcciones de piso y se usan en las normativas de construcción de algunos países para limitar la pérdida de calor a través del piso.

La transmitancia térmica, a pesar de que se define para condiciones de estado estacionario, también relaciona el flujo promedio de calor con la diferencia promedio de temperatura. Para muros y techos expuestos al aire exterior, existen variaciones periódicas diarias del flujo térmico en y fuera de almacenamiento relacionadas con las variaciones diarias de temperatura. Sin embargo, esta variación se equilibra y el promedio diario de pérdida de calor se puede obtener a partir de la transmitancia térmica y de la diferencia de temperatura interna y externa. No obstante, para pisos y muros de subterráneos en contacto con el suelo, la gran inercia térmica de este da como resultado un flujo térmico periódico relacionado con el ciclo anual de temperaturas internas y externas. Frecuentemente, el flujo térmico de estado estacionario es una buena aproximación al flujo promedio de calor en la temporada de calor.

Además de la etapa de estado estacionario, los coeficientes anuales de transferencia periódica de calor permiten obtener una evaluación detallada de las pérdidas por medio del suelo relacionada con la capacidad térmica del suelo, la conductividad térmica y la amplitud de las variaciones anuales en la temperatura promedio mensual.

El Anexo D entrega un método para incorporar las transferencias de calor desde y hacia el suelo a los cálculos realizados en intervalos cortos (por ejemplo 1 h).

La norma ISO/TR 52019-2 proporciona información sobre:

- las propiedades térmicas del suelo,
- la influencia de las aguas subterráneas en movimiento,
- plantas bajas con sistema de calefacción y enfriamiento integrado,
- plantas bajas de bodegas frías,

junto con los ejemplos trabajados que ilustran el uso de los procedimientos de esta norma.

1 Alcance y campo de aplicación

Esta norma proporciona métodos de cálculo de los coeficientes de transmisión de calor y las tasas de flujo de calor para los materiales de construcción en contacto térmico con el suelo, lo que incluye pisos de losa apoyada en terreno, pisos suspendidos y subterráneos. Es aplicable a materiales de construcción o sus partes en un plano horizontal de los muros divisorios de una edificación situada:

- al nivel de la superficie interior de los pisos para pisos de losa apoyada en terreno, pisos suspendidos y subterráneos sin calefacción;

NOTA En algunos casos, los sistemas de dimensionamiento externos definen el nivel en una superficie más baja de las losas de piso.

- al nivel de la superficie externa del suelo, para subterráneos calefaccionados.

Esta norma incluye el cálculo de la parte estacionaria de la transmisión de calor (la tasa promedio anual de flujo de calor) y de la parte con variaciones periódicas anuales de temperatura (las variaciones estacionales de tasa de flujo de calor con respecto al promedio anual). Estas variaciones estacionarias se obtienen de forma mensual. Esta norma no aplica a periodos más cortos, excepto para la aplicación de los programas de simulación dinámica del Anexo B.

2 Referencias normativas

Los documentos referenciados siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

ISO 6946, *Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method.*

ISO 7345, *Thermal insulation - Physical quantities and definitions.*

ISO 10211, *Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations.*

ISO 14683, *Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values.*

ISO 52000-1:2017, *Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures.*

NOTA EXPLICATIVA NACIONAL

La equivalencia de las Normas Internacionales señaladas anteriormente con Norma Chilena, y su grado de correspondencia es el siguiente:

Norma Internacional	Norma nacional	Grado de correspondencia
ISO 6946	NCh853:2014	La Norma Chilena NCh853:2014, es una traducción modificada de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 6946:2007.
ISO 7345	NCh849:2007	La Norma Chilena NCh849:2007 es una traducción modificada de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 7345:1987.
ISO 10211	NCh3136:2014	La Norma Chilena NCh3136:2014 es una traducción modificada de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 10211:2007
ISO 14683	NCh3368:2015	La Norma Chilena NCh3368:2015, es una traducción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 14683:2007.
ISO 52000-1:2017	No hay	No hay

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones dados en ISO 7345 e ISO 52000-1 y los siguientes:

ISO e IEC mantienen bases terminológicas que se pueden utilizar en normas en los siguientes enlaces:

- Electropedia de la IEC: Disponible en <http://www.electropedia.org/>
- Plataforma de navegación en línea de ISO, disponible en <http://www.iso.org/obp>

3.1**losa apoyada en terreno**

construcción de piso de forma totalmente directa sobre el suelo

3.2**piso suspendido**

construcción de piso en la que el piso no toca el suelo, lo que da como resultado un vacío entre el piso y el suelo

NOTA El vacío, también llamado entrepiso, puede estar o no ventilado y no forma parte de los espacios habitables

3.3**subterráneo**

parte utilizable de una edificación que se sitúa de forma parcial o absoluta bajo el nivel del suelo

NOTA El espacio puede contar o no contar con calefacción

3.4

espesor equivalente

<resistencia térmica> espesor del suelo (con conductividad térmica del suelo real) que tiene la misma resistencia térmica del elemento en consideración

3.5

coeficiente de transmisión de calor en estado estacionario

flujo de calor en equilibrio dinámico dividido por la diferencia de temperatura entre fuentes internas y externas

3.6

coeficiente de transferencia de calor periódico interno

amplitud de flujo de calor dividido por la amplitud de la variación interna de temperatura en un ciclo anual

3.7

coeficiente de transferencia de calor periódico externo

amplitud de flujo de calor dividido por la amplitud de la variación externa de temperatura en un ciclo anual

3.8

dimensión característica del piso

superficie del piso dividida por la mitad del perímetro del piso

3.9

diferencia de fases

periodo de tiempo entre el máximo o el mínimo de una temperatura cíclica y la tasa de flujo de calor mínima y máxima consiguiente

3.10

norma sobre EPB

norma que cumple con los requisitos entregados en ISO 52000-1 CEN/TS 16628^[6] y CEN/TS 16629^[2]

4 Símbolos y subíndices

4.1 Símbolos

Símbolo	Cantidad	Unidad
<i>A</i>	superficie del piso	m ²
<i>B</i>	dimensión característica del piso	m
<i>d</i>	espesor equivalente total	m
<i>z</i>	profundidad	m
<i>H</i>	coeficiente de transmisión de calor de estado estacionario	W/K
<i>h</i>	altura de la superficie del suelo sobre el nivel de suelo exterior	m
<i>m</i>	número de mes (<i>m</i> = 1 para enero hasta <i>m</i> = 12 para diciembre)	-
<i>P</i>	perímetro expuesto	m

R	resistencia térmica	$(m^2 \cdot K)/W$
U	transmitancia térmica entre ambientes internos y externos	$W/(m^2 \cdot K)$
z	profundidad del suelo del subterráneo en relación con el nivel de suelo	m
φ	tasa de flujo de calor	W
λ	conductividad térmica	$W/(m \cdot K)$
δ	profundidad de penetración periódica	m
θ	temperatura	$^{\circ}C$
ψ	transmitancia térmica lineal	$W/(m \cdot K)$

4.2 Subíndices

Para los propósitos de esta norma, se aplican los siguientes términos y definiciones, junto con los entregados en ISO 52000-1:

adj	ajustado
an	anual
b	subterráneo, bajo nivel de suelo; anchura
bg	subterráneo, incluye el efecto del suelo
bsf	bajo piso suspendido
C	enfriamiento
e	externo
ed	borde
eff	efectivo (incluye efecto del suelo y/o subterráneo)
f	piso
fg	planta baja, incluido el efecto del suelo
g	suelo
H	calefacción
ins	aislamiento
int	interno
m	mes; mitad (de la edificación)
p	presión constante
pe	periódico externo
pi	periódico interno
sog	losa apoyada en terreno
si	superficie interna

se	superficie externa
sus	suspendido
ub	subterráneo sin calefacción, incluye efecto del suelo
ve	ventilación
vi	virtual
w	muro
wf	junta muro/piso
wg	muro, incluido el efecto del suelo
x	combinado (a través de los muros del entresuelo y a través la ventilación del entresuelo)

5 Descripción del método

5.1 Salida

La salida de esta norma es la resistencia y transmitancia térmica de los pisos cercanos al suelo y a subterráneos, junto con los coeficientes que permiten el cálculo de los flujos de calor de forma mensual.

5.2 Descripción general

La transferencia de calor por medio del suelo se caracteriza por

- un flujo de calor relacionado con la superficie del piso, según su construcción;
- un flujo de calor relacionado con el perímetro del piso, según el puente térmico en su borde; y
- un flujo de calor periódico anual, también relacionado con el perímetro del piso, que se obtiene de la inercia térmica del suelo.

La parte de estado estacionario, o el promedio anual, de la transferencia de calor se debe evaluar utilizando uno de los métodos descritos a continuación.

- a) Un cálculo numérico tridimensional completo, con resultado directo para el piso involucrado: los cálculos se deben realizar según ISO 10211. El resultado es aplicable solo para las dimensiones reales del piso modelado.
- b) Un cálculo numérico bidimensional, con un piso de largo infinito y anchura igual a la dimensión característica del piso (área del piso dividida por la mitad del perímetro, ver 6.7.1); los cálculos se deben realizar según ISO 10211. El resultado es aplicable a los pisos que tengan las dimensiones características que se modelaron.

NOTA 1 Las mayores variaciones de flujo de calor ocurren generalmente en los bordes del piso, y en la mayoría de los casos solo se dan errores pequeños al convertir un problema tridimensional en uno bidimensional en que la anchura del piso se toma como la dimensión característica del piso.

- c) La transferencia de calor según la superficie, calculada con la ecuación utilizada en esta norma (ver cláusula 7), junto con la transferencia de calor asociado al borde, obtenida de las transmitancias térmicas lineales que concuerdan con cualquiera de los métodos en ISO 14683 (método numérico, catálogos de puente térmico, cálculo manual o valores por defecto).

NOTA 2 La transmitancia térmica lineal se calcula según ISO 10211 o se obtiene de tablas.

Para c), la Ecuación (1) entrega la parte de estado estacionario de la transferencia de calor:

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \psi_{wf} \quad (1)$$

en que:

H_g = coeficiente de transmisión de calor en estado estacionario por medio del suelo, en W/K;

A = superficie del piso en m²;

U = transmitancia térmica entre ambientes internos y externos ($U_{fg;sog}$, $U_{fg;sus}$, $U_{bg;eff}$ o U_{ub} , dependiendo del tipo de suelo; ver Tabla 4) en W/(m².K);

P = perímetro expuesto, en m

ψ_{wf} = transmitancia térmica lineal de la junta muro/piso en W/(m.K).

El método c) es aplicable a un piso de cualquier tamaño o forma. U depende del tamaño del piso, aunque ψ_{wf} no considera las dimensiones del piso. La Ecuación (1) se modifica para un subterráneo calefaccionado (ver 7.3.4) y en caso de aplicar Anexo B (ver cláusula B.1).

5.3 Coeficientes periódicos

El documento permite aplicar diferentes métodos de tolerancia para diferencia de fases entre el ciclo anual de variación de temperatura y flujo de calor (ver cláusula A.1).

6 Cálculo de transferencia de calor por medio del suelo

6.1 Datos de salida

Los datos de salida se muestran en Tabla 1.

Tabla 1 – Datos de salida

Descripción	Símbolo	Unidad	Intervalo de validez	Variación
Transmitancia térmica de la losa apoyada en terreno, incluye el efecto del suelo	$U_{fg;sog}$	$W/(m^2 \cdot K)$	> 0	No
Transmitancia térmica del piso suspendido, incluye el efecto del suelo	$U_{fg;sus}$	$W/(m^2 \cdot K)$	> 0	No
Transmitancia térmica del muro de un subterráneo calefaccionado, incluye el efecto del suelo	$U_{wg;b}$	$W/(m^2 \cdot K)$	> 0	No
Transmitancia térmica del piso de un subterráneo calefaccionado, incluye el efecto del suelo	$U_{fg;b}$	$W/(m^2 \cdot K)$	> 0	No
Transmitancia térmica efectiva del subterráneo calefaccionado completo, incluye el efecto del suelo	$U_{bg;eff}$	$W/(m^2 \cdot K)$	> 0	No
Transmitancia térmica del subterráneo sin calefacción incluye el efecto del suelo	U_{ub}	$W/(m^2 \cdot K)$	> 0	No
Resistencia térmica de la losa apoyada en terreno	$R_{f;sog}$	$(m^2 \cdot K)/W$	> 0	No
Resistencia térmica del piso suspendido	$R_{f;sus}$	$(m^2 \cdot K)/W$	> 0	No
Resistencia térmica del muro del subterráneo	$R_{w;b}$	$(m \cdot K)/W$	> 0	No
Resistencia térmica del piso del subterráneo	$R_{f;b}$	$(m^2 \cdot K)/W$	> 0	No
Resistencia térmica efectiva de la construcción del suelo (incluye el efecto del suelo)	$R_{f;eff}$	$(m^2 \cdot K)/W$	> 0	No
Coefficiente de transferencia de calor a través del suelo para cada mes	$H_{g;an,m}$	W/K	> 0	Sí
Coefficiente de transferencia de calor a través del suelo para la temporada de calor	$H_{g;H;adj}$	W/K	> 0	No
Coefficiente de transferencia de calor del suelo para la temporada de frío	$H_{g;C;adj}$	W/K	> 0	No
Resistencia térmica de 0,5 m del suelo (para cálculos dinámicos según Anexo D)	R_g	$(m^2 \cdot K)/W$	> 0	No
Capacidad térmica de 0,5 m del suelo (para cálculos dinámicos según el Anexo D)	K_g	$J/(m^2 \cdot K)$	> 0	No
Resistencia térmica de la capa virtual (para cálculos dinámicos según Anexo D)	R_{vi}	$m^2 \cdot K/W$	> 0	No
Temperatura virtual en el suelo para cada mes (para cálculos dinámicos según Anexo D)	v_i	$^{\circ}C$	> 0	Sí

6.2 Intervalos de tiempo de cálculo

El cálculo de coeficientes periódicos y flujos de calor se aplica a un intervalo de tiempo de un mes. Para otras cantidades, la entrada, el método y los datos de salida son para condiciones de estado estacionario y se asume que son independientes de las condiciones reales, tales como la temperatura interior o el efecto del viento o de la radiación solar, por lo que no se requiere considerar una longitud del intervalo de tiempo determinado.

6.3 Datos de entrada

Las Tablas 2, 3, 4 y 5 muestran los identificadores de datos de entrada requeridos para el cálculo.

Tabla 2 – Identificadores para características geométricas de edificaciones

Nombre	Símbolo	Unidad	Valor	Rango	Origen	Variación
Superficie del piso	A	m ²	-	≥ 0	-	No
Perímetro expuesto	P	m	-	≥ 0	-	No
Largo del puente térmico lineal	l_k	m	-	≥ 0	-	No
espesor de los muros de la vivienda	$d_{w,e}$	m	-	≥ 0	-	No
Alto de la superficie superior del piso sobre el nivel de suelo externo	h	m	-	≥ 0	-	No
Profundidad del suelo del subterráneo en relación con el nivel de suelo	z	m	-	≥ 0	-	No

Tabla 3 – Identificadores para condiciones de límites de edificaciones

Nombre	Símbolo	Unidad	Valor	Rango	Origen	Variación
Temperatura ambiental interior en la edificación en consideración	θ_{int}	°C	-	0 a 50	-	Sí
Temperatura del aire exterior	θ_e	°C	-	-50 a 50	-	Sí
Temperatura virtual del suelo	$\theta_{v,m}$	°C	-	0 ... ∞	-	Sí

Tabla 4 – identificadores para las características térmicas de la estructura de la edificación

Nombre	Símbolo	Unidad	Valor	Rango	Origen	Variación
Transmitancia térmica del elemento i	U_i	W/(m ² ·K)	-	0 a 10	ISO 6946	No
Transmitancia térmica lineal asociada a la junta muro/piso	Ψ_k	W/(m·K)	-	0 a 10	ISO 14683 ó ISO 10211	No

La Tabla 8 muestra identificadores para constantes.

Tabla 5 – Identificadores para constantes

Nombre	Símbolo	Unidad	Valor	Rango	Origen	Variación
Capacidad calorífica específica del aire a presión constante	C_p	J/(kg·K)	1 008	-	-	No
		Wh/(kg·K)	0,28			
Densidad del aire (a 10 °C y presión de 100 kPa)	ρ	kg/m ³	1,23	-	-	No

6.4 Propiedades térmicas

6.4.1 Propiedades térmicas del suelo

Los valores comunes se entregan en Tabla 6. Si se desconoce el tipo de suelo, se debería utilizar la categoría 2.

NOTA La norma ISO/TR 52019-2 entrega información sobre el rango de valores de propiedades de suelo.

Tabla 6 – Propiedades térmicas del suelo

Categoría	Descripción	Conductividad térmica λ_g W/(m·K)	Capacidad térmica por volumen ρc J/(m ³ ·K)
1	arcilla, cieno o humedal	1,5	3,0 x 10 ⁶
2	arena o gravilla	2,0	2,0 x 10 ⁶
3	roca homogénea	3,5	2,0 x 10 ⁶

6.4.2 Propiedades térmicas de los materiales de construcción

Los valores de resistencia térmica deben estar en conformidad con ISO 6946. La resistencia térmica de los materiales utilizados bajo el nivel del suelo debería reflejar las condiciones de temperatura y humedad de la aplicación.

NOTA La capacidad térmica de los materiales de construcción utilizados en las construcciones de piso es pequeña en comparación con la del suelo, por lo que se ignora.

6.4.3 Resistencias de superficie

Los valores de resistencia de superficie deben estar en conformidad con ISO 6946.

El valor de R_{si} se usa tanto en la parte superior como en la inferior de un espacio de entrepiso.

6.5 Temperatura interna y datos climáticos

6.5.1 Temperatura interna

Si existen temperaturas diferentes en habitaciones distintas o en espacios inmediatamente superiores al piso, utilizar un promedio espacial. Este promedio se obtiene ponderando la temperatura de cada espacio por la superficie del espacio en contacto con el suelo.

Para calcular las tasas de flujo de calor, el documento requiere

- a) la temperatura interna media anual; y
- b) en caso de que se incluyan las variaciones de temperatura interna, la amplitud de variación de la temperatura interna a partir de la temperatura media anual; la amplitud se define como la mitad de la diferencia entre los valores máximos y mínimos de las temperaturas promedio de cada mes.

6.5.2 Datos climáticos

Para calcular las tasas de flujo de calor, el documento requiere

- a) la temperatura media anual del aire exterior;
- b) en caso de que se incluyan las variaciones de temperatura externa, la amplitud de variación de la temperatura externa a partir de la media anual; la amplitud se define como la mitad de la diferencia entre los valores máximos y mínimos de las temperaturas promedio de cada mes; y
- c) para pisos suspendidos con ventilación natural, la velocidad promedio del viento medida a una altura de 10 m sobre el nivel externo del suelo.

Si se conoce la temperatura superficial del suelo, se puede utilizar en lugar de la temperatura externa del aire, a modo de considerar los efectos de la cobertura de nieve, la ganancia solar en la superficie del suelo y/o radiación de onda larga en cielos despejados. En tales casos, se debe excluir R_{se} de todas las ecuaciones.

6.6 Transmitancia térmica y tasa de flujo de calor

6.6.1 Transmitancia térmica

Las transmitancias térmicas de pisos y subterráneos están relacionadas al componente de estado estacionario de la transferencia de calor. En cláusula 7 se entregan métodos de cálculo para los diversos tipos de piso y subterráneo. Las ecuaciones utilizan la dimensión característica del piso y el espesor equivalente del aislamiento de piso (ver 6.7).

Si se requiere el coeficiente de pérdida de calor por transmisión del suelo, tomarlo como igual al estado estacionario del coeficiente de transferencia de calor a través del suelo, H_G , usado en Ecuación (1).

6.6.2 Puentes térmicos en los bordes del piso

Las ecuaciones en esta norma se basan en la consideración independiente de un piso aislado, sin ninguna interacción entre piso y muro. También se asume que el suelo tiene propiedades térmicas uniformes (excepto para efectos únicamente derivados del aislamiento de bordes).

En la práctica, las juntas muro/piso de los pisos de losa apoyada en terreno no se ajustan a esta propiedad ideal, lo que da origen a los efectos de puente térmico. Estos se deben contemplar en el cálculo de la pérdida total de calor de una edificación, utilizando una transmitancia térmica lineal, ψ_{wf} .

NOTA La transmitancia térmica lineal depende del sistema utilizado para definir las dimensiones de la edificación (ver ISO 13789).

La pérdida de calor total de una edificación se calcula en base a un plano separado.

- al nivel de la superficie interior de los suelos para suelos de losa apoyada en terreno, pisos suspendidos y subterráneos no calefaccionados, o
- al nivel de la superficie externa del suelo, para subterráneos calefaccionados.

NOTA En algunos casos, los sistemas de dimensionamiento externos definen el nivel en una superficie más baja de las losas de piso.

La transmitancia térmica de los elementos sobre el plano de separación se debería evaluar según la norma apropiada, por ejemplo, ISO 6946.

6.6.3 Cálculo de la tasa de flujo de calor

La transferencia de calor a través del suelo se puede calcular de forma anual utilizando únicamente el coeficiente de transferencia de calor a través del suelo en estado estacionario o, de forma mensual, utilizando coeficientes periódicos adicionales que tomen en cuenta la inercia térmica del suelo (ver 5.2). Las ecuaciones relevantes para los coeficientes periódicos se entregan en Anexo A.

6.6.4 Efecto en las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas tienen un efecto no significativo en la transferencia de calor, a menos que estén a poca profundidad y tengan una tasa de flujo alta. Tales condiciones son muy poco frecuentes, y en la mayoría de los casos no se debería tomar en cuenta el efecto de las aguas subterráneas.

Si se conocen la profundidad del nivel freático bajo el nivel del suelo y la tasa de flujo de las aguas subterráneas, se puede multiplicar el coeficiente de transferencia de calor a través del suelo en estado estacionario, H_g , por un factor, G_w .

NOTA La norma ISO/TR 52019 contiene valores ilustrativos de G_w .

6.6.5 Casos especiales

Los métodos en esta norma también son aplicables en los siguientes casos, con las modificaciones descritas en anexo correspondiente:

- tasas de flujo de calor para superficies centrales y bordes de un piso (ver Anexo C);
- aplicación para programas de simulación dinámica (ver Anexo D).

NOTA Para los pisos de almacenamientos fríos y las losas apoyadas en terreno con sistemas integrados de calefacción, ver ISO/TR 52019-2.

6.7 Parámetros utilizados en los cálculos

6.7.1 Dimensión característica del piso

Con el fin de contemplar la naturaleza tridimensional del flujo de calor por medio del suelo, las ecuaciones de esta norma se expresan en términos de la "dimensión característica" del piso, B , que se define como la superficie del piso dividida por la mitad del perímetro.

$$B = \frac{A}{0,5 \times P} \quad (2)$$

en que:

B = dimensión característica del piso, en m; A es la superficie del piso, expresada en metros cuadrados (m^2);

A = superficie del piso, expresada en metros cuadrados (m^2);

P = perímetro expuesto, expresada en metros (m).

NOTA Para un piso infinitamente largo, B es la anchura del piso. Para un piso cuadrado, B es la mitad de la longitud de un lado.

Se considera que los detalles especiales en los cimientos, por ejemplo, el aislamiento de los bordes del piso, modifican el flujo de calor en el perímetro.

En el caso de los subterráneos, B se calcula a partir de la superficie y perímetro del suelo del subterráneo y el flujo de calor del subterráneo incluye un término adicional relacionado con el perímetro y la profundidad del piso del subterráneo bajo el nivel del suelo.

En esta norma, P es la longitud total del muro externo que divide la edificación calefaccionada del ambiente externo o del espacio sin calefaccionar fuera de la estructura aislada. Por lo tanto:

- para una edificación completa, P es el perímetro total de la edificación y A es la superficie total del piso-suelo,
- para calcular la pérdida de calor de parte de una edificación (por ejemplo, cada vivienda individual en un conjunto de casas pareadas), P incluye las longitudes de los muros externos que separan el espacio calefaccionado del ambiente externo y excluye las longitudes de los muros que separan la parte en consideración de otras partes calefaccionadas de la edificación, mientras A es la superficie de la planta baja en consideración, y
- los espacios sin calefaccionar fuera de la estructura aislada de la edificación (tales como porches, garajes contiguos o áreas de almacenamiento) se excluyen al determinar P y A (sin embargo, la longitud del muro entre la edificación calefaccionada y el espacio sin calefaccionar se incluye en el perímetro; las pérdidas de calor hacia el suelo se evalúan como si no hubiera espacios no calefaccionados).

6.7.2 Espesor equivalente

El concepto de "espesor equivalente" se introduce para simplificar la expresión de las transmitancias térmicas.

La transmitancia térmica se representa a través de su espesor equivalente, que corresponde al espesor del suelo con resistencia térmica similar. En esta norma:

- d_f es el espesor equivalente para pisos, y
- $d_{w;b}$ es el espesor equivalente para muros de subterráneos bajo el nivel del suelo.

Los coeficientes de transferencia de calor por medio del suelo de estado estacionario se relacionan al radio de espesor equivalente para una dimensión característica de piso y los coeficientes periódicos de transferencia de calor se relacionan al radio de espesor equivalente para la profundidad periódica de penetración.

7 Cálculo de transmitancias térmicas

7.1 7.1 Losa apoyada en terreno

La losa apoyada en terreno incluye cualquier piso en que una losa esté en contacto con la superficie total del suelo, sea o no soportada totalmente por el suelo y que esté situada a un nivel idéntico o similar al de la superficie exterior del suelo (ver Figura 1). Esta losa puede:

- no estar aislada o
- tener un aislamiento uniforme (sobre, bajo o dentro de la losa) en toda su superficie.

Si el piso tiene aislamiento de borde vertical u horizontal, la transmitancia térmica se debe corregir utilizando el procedimiento en Anexo B.

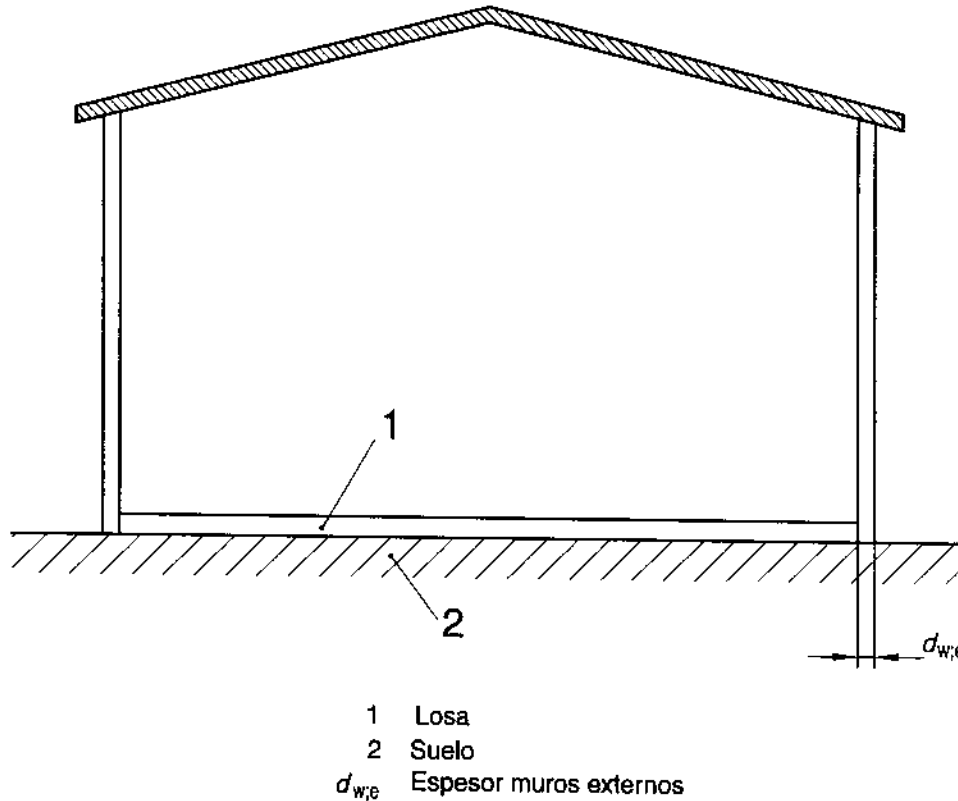


Figura 1 – Diagrama de losa apoyada en terreno

La transmitancia térmica depende de la dimensión característica del piso, de B [ver 6.7.1 y Ecuación (2)] y del espesor equivalente total, d_f (ver 6.7.2), según se define en Ecuación (3):

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{f,sog} + R_{se}) \quad (3)$$

en que:

d_f = espesor equivalente total, expresado en metros (m);

$d_{w,e}$ = espesor completo de los muros, incluyendo todas sus capas, expresado en metros (m);

λ_g = conductividad térmica del suelo en W/(m·K);

$R_{f,sog}$ = resistencia térmica de las losas de piso, incluyendo la de cualquier capa aislante en, sobre o debajo de las losas de piso y de cualquier cobertura de piso, en m²·K/W;

R_{si} = resistencia térmica de la superficie interna en m²·K/W;

R_{se} = resistencia térmica de la superficie externa en m²·K/W.

La resistencia térmica de las losas densas de concreto y delgadas de cubierta de piso se pueden ignorar. Se asume que el núcleo duro bajo la losa tiene la misma conductividad térmica que el suelo, por lo que no se debería incluir su resistencia térmica.

NCh3117:2018

Calcular la transmitancia térmica utilizando Ecuación (4) o Ecuación (5), dependiendo de la aislación térmica del piso.

Si $d_f < B$ (pisos no aislados y moderadamente aislados),

$$U_{fg;sog} = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot B + d_f} \cdot \ln\left(\frac{\pi \cdot B}{d_f} + 1\right) \quad (4)$$

Si $d_f \geq B$ (pisos bien aislados),

$$U_{fg;sog} = \frac{\lambda_g}{0,457 \times B + d_f} \quad (5)$$

Para pisos bien aislados se puede expresar de forma alternativa como:

$$U_{fg;sog} = \frac{1}{(R_{si} + R_f + R_{se} + d_{w,e} / \lambda_g) + R_{g,eff}} \quad (6)$$

en que:

$R_{g,eff}$ es la resistencia térmica efectiva del suelo en $m^2 \cdot K/W$, dada por:

$$R_{g,eff} = \frac{0,457 \times B}{\lambda_g} \quad (6)$$

La transmitancia térmica se debe aproximar a dos cifras significativas si se presenta como resultado final. Los cálculos intermedios se deben realizar con a lo menos tres cifras significativas.

NOTA La transmitancia térmica puede ser pequeña en pisos grandes, por lo que se necesitan más decimales.

El coeficiente de transferencia de calor en estado estacionario entre los ambientes interno y externo se obtiene utilizando Ecuación (1).

7.2 Piso suspendido

Un piso suspendido es cualquier tipo de piso que no esté en contacto con el suelo, por ejemplo, madera o viga y bloque (ver Figura 2). Esta cláusula comprende el diseño convencional de pisos suspendidos en que el espacio de entresuelo cuenta con ventilación natural de aire exterior. Para ventilación mecánica del espacio de entresuelo, o si se especifica la tasa de ventilación, ver Anexo E.

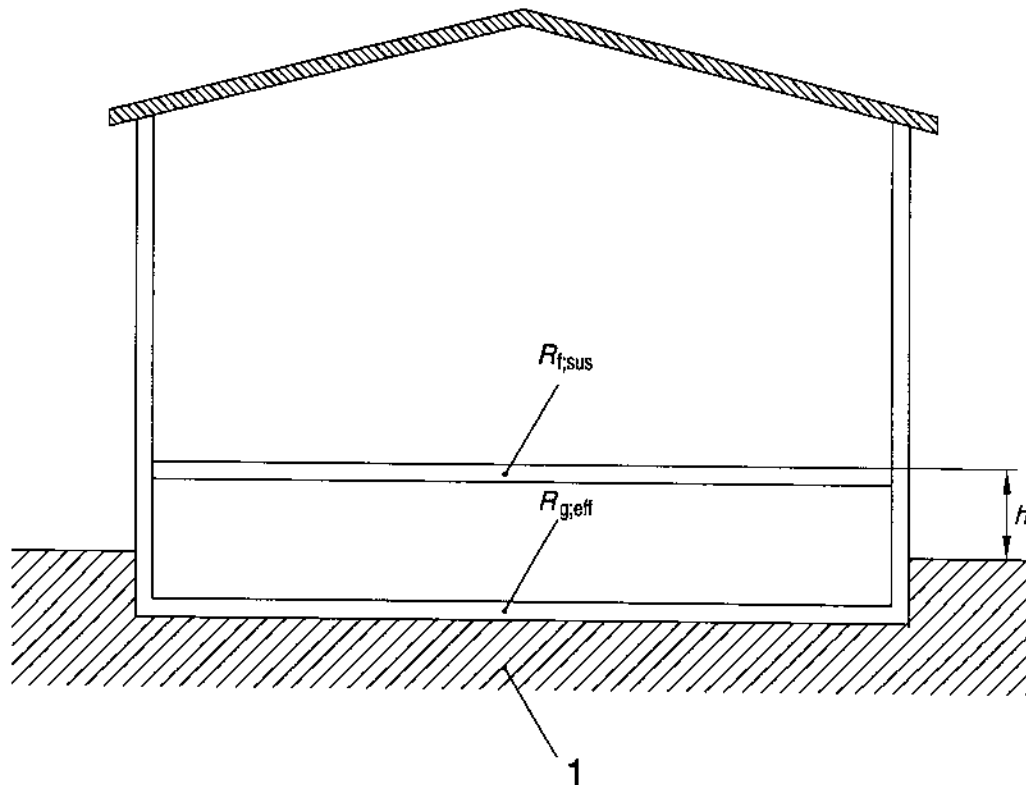
La Ecuación (8) entrega la transmitancia térmica:

$$\frac{1}{U_{fg;sus}} = \frac{1}{U_{f;sus}} + \frac{1}{U_g + U_x} \quad (6)$$

en que:

$$U_{f;sus} = \frac{1}{R_{f;sus}} = \text{transmitancia térmica de la parte suspendida del piso (entre el ambiente interior y el espacio de entresuelo), en } W/(m^2 \cdot K);$$

- $R_{f,sus}$ = resistencia térmica total de la parte suspendida del piso, en $m^2 \cdot K/W$, calculada según ISO 6946, con tolerancia para cualquier capa puentada en la construcción del piso y para el uso de resistencias de superficies según 6.4.3;
- $U_g = \frac{1}{R_{f,eff}}$ = transmitancia térmica para el flujo de calor a través del suelo, en $W/(m^2 \cdot K)$;
- U_x = transmitancia térmica equivalente entre el espacio de entresuelo y el exterior, tomando en cuenta el flujo de calor a través de los muros del entresuelo y por ventilación del espacio del entresuelo, $W/(m^2 \cdot K)$



- 1 Suelo
- h Altura de la superficie del suelo sobre el nivel de suelo exterior
- $R_{f,sus}$ Resistencia térmica de la construcción del suelo
- $R_{g,eff}$ Resistencia térmica efectiva del suelo

Figura 2 – Diagrama de piso suspendido

El cálculo de $U_{f;sus}$ debe incluir el efecto de cualquier puente térmico. Se puede calcular según ISO 6946 o con un método numérico. En el caso de la superficie de emisión baja en el lado inferior del suelo, la resistencia de la superficie se puede modificar utilizando el procedimiento indicado en ISO 6949. Las resistencias de superficie para el flujo de calor descendente se utilizan en caso de una edificación calefaccionada; las resistencias de superficie para flujo de calor ascendente se utilizan en caso de una edificación refrigerada.

Calcular U_g utilizando las Ecuaciones (2), (9) y (10):

$$d_g = d_{w,e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{f;ins} + R_{se}) \quad (9)$$

$$U_g = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot B + d_g} \cdot \ln\left(\frac{\pi \cdot B}{d_g} + 1\right) \quad (10)$$

en que:

$R_{f;ins}$ = resistencia térmica de cualquier aislamiento en la base del espacio de entrepiso, en $m^2 \cdot K/W$;

d_g = espesor equivalente para el suelo bajo el piso suspendido, en $m^2 \cdot K/W$.

Si el espacio del entrepiso se extiende a una profundidad promedio de más de 0,5 m bajo el nivel del suelo, calcular U_{gh} según Ecuación (E.2).

Si el aislamiento del borde se aplica alrededor de la base del espacio de entrepiso, modificar U_g según Ecuación (B.3).

Obtener U_x de la Ecuación (11):

$$U_x = 2 \times \frac{h \cdot U_w}{B} + 1450 \times \frac{\varepsilon \cdot V \cdot f_w}{B} \quad (11)$$

en que:

h = altura de la superficie superior del piso sobre el nivel de suelo externo, expresada en metros (m);

U_w = transmitancia térmica de los muros del espacio de entrepiso sobre el nivel del suelo, en $W/(m^2 \cdot K)$, calculado según ISO 6946;

ε = superficie de aperturas de ventilación por longitud del perímetro de espacio de entrepiso, en m^2/m ;

V = velocidad promedio del viento a 10 m de altura, en m/s;

f_w = factor de protección contra el viento.

Si h varía cerca del perímetro del piso, se utiliza su valor promedio en Ecuación (11).

El Anexo E entrega las ecuaciones para el cálculo de las temperaturas promedio en el espacio de entrepiso.

El factor de protección contra el viento relaciona la velocidad del viento a 10 m de altura (sin obstrucciones) con aquella cercana al nivel del suelo, contemplando la protección por edificaciones adyacentes, etc. En Tabla 7 se entregan valores representativos.

Tabla 7 – Valores del factor de protección contra el viento

Categoría	Lugar	Ejemplo	Factor de protección contra el viento f_w
1	Protegido	Centro de la ciudad	0,02
2	Promedio	Suburbano	0,05
3	Expuesto	Rural	0,10

El coeficiente de transferencia de calor en estado estacionario entre los ambientes interno y externo se obtiene utilizando Ecuación (1).

7.3 Subterráneo calefaccionado

7.3.1 General

Los procedimientos entregados para los subterráneos aplican a las edificaciones en que parte del espacio habitable está bajo el nivel del suelo (ver Figura 3). Las ecuaciones entregadas de 7.3.2 a 7.3.4 aplican a la transferencia de calor entre el ambiente interior de un subterráneo calefaccionado y el ambiente exterior. La base es similar a la de una losa apoyada en terreno, aunque contempla:

- la profundidad, z , del piso del subterráneo bajo el nivel del suelo y
- la posibilidad de diferentes niveles de aislamiento aplicados a los muros del subterráneo y al piso del subterráneo.

Si z varía cerca del perímetro de la edificación, se utiliza su valor promedio en los cálculos.

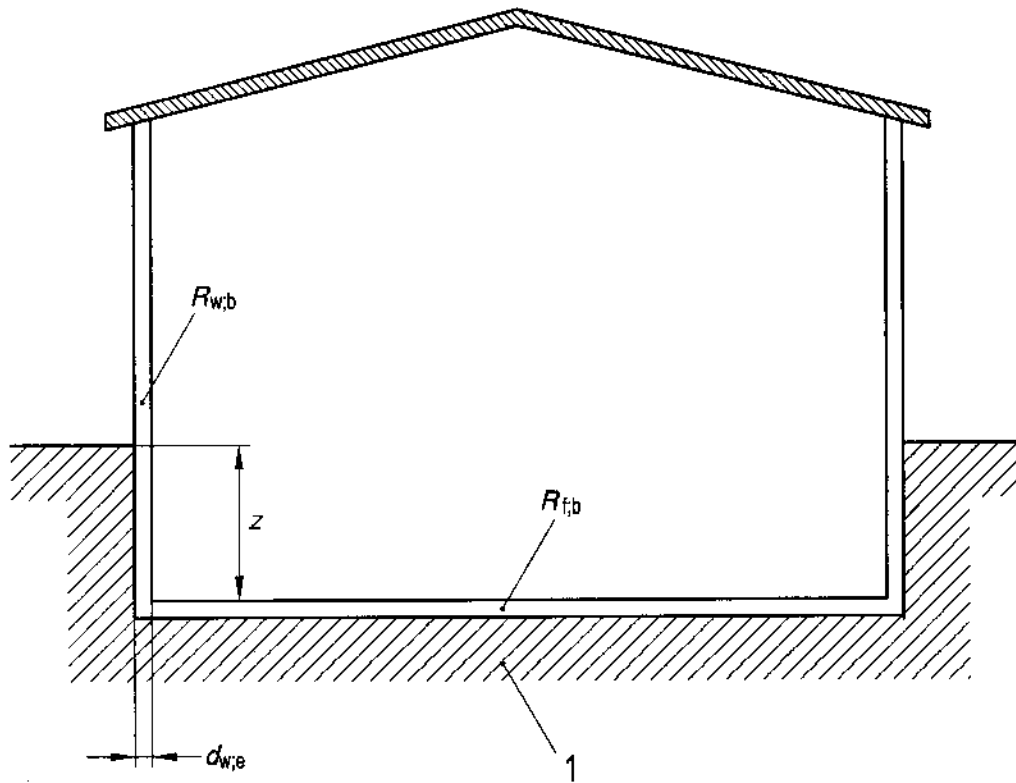
NOTA 1 Si $z = 0$, las ecuaciones se reducen a las que se muestran en 7.1 para la losa apoyada en terreno.

Esta norma no cubre directamente las edificaciones que tienen parte de su piso en suelo y otra parte en un subterráneo. Sin embargo, se puede obtener una aproximación de la pérdida total de calor por medio del suelo para este tipo de edificación, si se la trata como si tuviera un subterráneo en toda su superficie, con una profundidad igual a la mitad de la profundidad real de la parte con subterráneo.

NOTA 2 Los subterráneos parcialmente calefaccionados se tratan parcialmente en 7.5.

Los procedimientos descritos entregan el flujo total de calor desde un subterráneo por medio del suelo, es decir, a través del piso del subterráneo y a través de las paredes del subterráneo bajo nivel del suelo.

NOTA 3 Las partes de los muros sobre el nivel del suelo se evalúan según su transmitancia térmica, calculada según ISO 6946.



- 1 Suelo
 $R_{t;b}$ Resistencia térmica de la construcción del suelo
 $R_{w;b}$ Resistencia térmica de los muros del subterráneo, incluyendo todas las capas
 $d_{w,e}$ Espesor de los muros externos
 z Profundidad del suelo del subterráneo en relación con el nivel del suelo

Figura 3 – Diagrama de una edificación con subterráneo calefaccionado

7.3.2 Piso del subterráneo

Para determinar $U_{f;b}$, calcular la dimensión característica del piso del subterráneo utilizando Ecuación (2) e incluir cualquier aislamiento del piso del subterráneo en el espesor equivalente total, $d_{w,e}$, entregado por Ecuación (12):

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{t;b} + R_{se}) \quad (12)$$

en que:

- d_f = espesor equivalente total, expresado en metros (m);
 $d_{w,e}$ = espesor completo de los muros de la edificación a nivel del suelo, incluyendo todas sus capas, expresado en metros (m);

- $R_{f;b}$ = resistencia térmica de las losas de piso, incluyendo la de cualquier capa aislante en, sobre o debajo de las losas de piso y de cualquier cobertura de piso, en $m^2 \cdot K/W$;
 R_{si} = resistencia térmica de la superficie interna en $m^2 \cdot K/W$;
 R_{se} = resistencia térmica de la superficie externa en $m^2 \cdot K/W$;
 λ_g = conductividad térmica del suelo en $W/(m \cdot K)$;

La resistencia térmica de las losas densas de concreto y delgadas de cubierta de piso se pueden ignorar. Se asume que el núcleo duro bajo la losa tiene la misma conductividad térmica que el suelo, por lo que no se debería considerar su resistencia térmica.

Utilizar Ecuación (13) o Ecuación (14), dependiendo de la aislación térmica del piso.

Si $(d_f + 0,5 \times z) < B$ (pisos no aislados y moderadamente aislados),

$$U_{fg;b} = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot B + d_f + 0,5 \times z} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B}{d_f + 0,5 \times z} + 1 \right) \quad (13)$$

Si $(d_f + 0,5 \times z) \geq B$ (pisos bien aislados),

$$U_{fg;b} = \frac{\lambda_g}{0,457 \times B + d_f + 0,5 \times z} \quad (14)$$

7.3.3 Muros del subterráneo

$U_{wg;b}$ depende del espesor equivalente total para los muros del subterráneo, $d_{w;b}$, entregado por Ecuación (15):

$$d_{w;b} = \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{w;b} + R_{se}) \quad (15)$$

en que $R_{w;b}$ es la resistencia térmica de los muros del subterráneo, incluyendo todas las capas y los otros símbolos se definen en cláusula 4.

Obtener $U_{wg;b}$ de Ecuación (16):

$$U_{wg;b} = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \times d_f}{d_f + z} \right) \cdot \ln \left(\frac{z}{d_{w;b}} + 1 \right) \quad (16)$$

7.3.4 Transferencia de calor del subterráneo completo

La transmitancia térmica efectiva que caracteriza el subterráneo completo en contacto con el suelo es:

$$U_{bg;eff} = \frac{A \cdot U_{f;b} + z \cdot P \cdot U_{w;b}}{A + z \cdot P} \quad (17)$$

La Ecuación (1) para el coeficiente de transferencia de calor por medio del suelo en estado estacionario entre los ambientes interior y exterior se modifica para incluir el subterráneo, y H_g se determina por Ecuación (18).

$$H_g = A \cdot U_{fg;b} + z \cdot P_{wg;b} + P \cdot \psi_{w;t} \quad (18)$$

NOTA La Ecuación (18) entrega el flujo de calor del subterráneo completo. El calor se transfiere a través del piso y los muros del subterráneo están interconectados, por lo que las dos primeras expresiones en Ecuación (18), para el flujo de calor a través del piso y los muros, respectivamente, son aproximaciones.

7.4 Subterráneo sin calefacción

Las ecuaciones descritas en esta subsección aplican a la transferencia de calor entre el ambiente interior y exterior por medio de un subterráneo no calefaccionado, con ventilación desde el exterior.

La transmitancia térmica entre los ambientes interior y exterior, U_{ub} , es dada por Ecuación (19):

$$\frac{1}{U_{ub}} = \frac{1}{U_{t;sus}} + \frac{A}{(A \cdot U_{fg;b}) + (z \cdot P \cdot U_{wg;b}) + (h \cdot P \cdot U_w) + (c_p \cdot \rho \cdot n \cdot V)} \quad (19)$$

en que:

$U_{t;sus}$ = transmitancia térmica del piso (entre el ambiente interior y el subterráneo), en $W/(m^2 \cdot K)$;

U_w = transmitancia térmica de los muros del subterráneo sobre el nivel del suelo en $W/(m^2 \cdot K)$;

h = altura de los muros del subterráneo sobre el nivel del suelo, en m;

c_p = capacidad calorífica específica de aire a presión constante, en $Wh/(kg \cdot K)$;

ρ = densidad del aire, en kg/m^3 ;

n = tasa de ventilación del subterráneo, en intercambios de aire por hora;

V = volumen de aire del subterráneo, en m^3 .

En caso de no existir información específica, se puede utilizar un valor de $n = 0,3$ intercambios de aire por hora.

Calcular $U_{t;sus}$ y U_w según ISO 6946.

Calcular $U_{fg;b}$ y $U_{wg;b}$, según 7.3.

NOTA La temperatura promedio en el subterráneo se puede calcular utilizando el método de Anexo E.

El coeficiente de transferencia de calor en estado estacionario entre los ambientes interno y externo se obtiene utilizando Ecuación (1).

7.5 Subterráneo parcialmente calefaccionado

Las tasas de flujo de calor para subterráneos parcialmente calefaccionados se calculan con el siguiente procedimiento:

- calcular la tasa de flujo de calor de un subterráneo completamente calefaccionado;
- calcular la tasa de flujo de calor de un subterráneo no calefaccionado;
- combinar las tasas de flujo de calor de a) y b) según las áreas de las partes calefaccionadas y no calefaccionadas del subterráneo en contacto con el suelo, para obtener la tasa de flujo de calor para un subterráneo parcialmente calefaccionado.

7.6 Resistencia térmica efectiva de la construcción del piso

En los métodos transitorios de cálculo de los flujos de calor o de las temperaturas en edificaciones que utilizan intervalos de tiempo de 1 h o menos, la resistencia térmica efectiva de la construcción de piso (incluyendo el efecto del suelo) se calcula de la siguiente manera:

$$R_{f,eff} = \frac{1}{U} - R_{si} \quad (20)$$

en que

$R_{f,eff}$ = resistencia térmica efectiva de la construcción del suelo (incluye el efecto del suelo), en $m^2 \cdot K/W$;

U = transmitancia térmica del piso, según se calcula en 7.1, 7.2, 7.3 o 7.4, en $W/(m^2 \cdot K)$.

NOTA U incluye el efecto promedio anual del suelo.

Anexo A (informativo)

Cálculo de la tasa de flujo de calor a través del suelo

A.1 Métodos de cálculo

Se entregan tres métodos de cálculo para la tasa de flujo de calor (Φ):

- a) cálculo de la tasa de flujo de calor a través de suelo separada para cada mes (ver A.2 y A.3);
- b) cálculo de la tasa de flujo de calor a través del suelo promedio durante la temporada de calor y de frío (ver A.4);
- c) cálculo para la tasa de flujo de calor de suelo promedio anual (ver A.5).

NOTA El método apropiado depende del propósito del cálculo y la exactitud necesaria o adecuada para evaluar la tasa de flujo de calor.

A.2 Tasa de flujo de calor mensual utilizando variaciones sinusoidales de temperatura

Para permitir el efecto de gran inercia térmica del suelo, la transferencia de calor se representa con un componente de estado estacionario o promedio, junto con un componente periódico anual. El componente de estado estacionario se relaciona con la diferencia entre la temperatura interna promedio anual y la temperatura externa promedio anual. El componente periódico se relaciona con la amplitud de la variación de las temperaturas interna y externa sobre sus valores promedios respectivos.

Las temperaturas interna y externa se asumen para variar sinusoidalmente sobre sus valores promedio anuales de la siguiente manera:

$$\theta_{int,m} = \bar{\theta}_{int} - \hat{\theta}_{int} \cdot \cos\left[2\pi \cdot \left(\frac{m-\tau}{12}\right)\right] \quad (A.1)$$

$$\theta_{e,m} = \bar{\theta}_e - \hat{\theta}_e \cdot \cos\left[2\pi \cdot \left(\frac{m-\tau}{12}\right)\right] \quad (A.2)$$

en que:

$\theta_{int,m}$ = temperatura interna media mensual para el mes m , expresada en grados Celcius ($^{\circ}\text{C}$);

$\bar{\theta}_{int}$ = temperatura interna media anual, expresada en grados Celcius ($^{\circ}\text{C}$);

$\hat{\theta}_{int}$ = amplitud de variaciones en la temperatura interna media mensual, en K (según definición en 6.5.1);

$\theta_{e,m}$ = temperatura externa media mensual para el mes m , expresada en grados Celcius ($^{\circ}\text{C}$);

$\bar{\theta}_e$ = temperatura externa media anual, expresada en grados Celcius (°C);

$\hat{\theta}_e$ = amplitud de variaciones en la temperatura externa media mensual, en K (según definición en 6.5.2);

m = es el número de mes ($m = 1$ para enero, hasta $m = 12$ para diciembre);

τ se debería evaluar a partir de la consideración de la temperatura externa promedio para cada mes; no se deberían incluir fluctuaciones de menos de un mes. Se puede basar en información climatológica del país o ubicación correspondiente, expresado en meses enteros o fracción, dependiendo de la información disponible.

NOTA 1 Solo se necesitan la temperatura promedio anual y la amplitud anual para los cálculos. Estas cantidades se pueden obtener a partir de los valores mensuales.

La Figura A.1 ilustra las definiciones de $\bar{\theta}_e$ y $\hat{\theta}_e$. Lo mismo aplica para la temperatura interna.

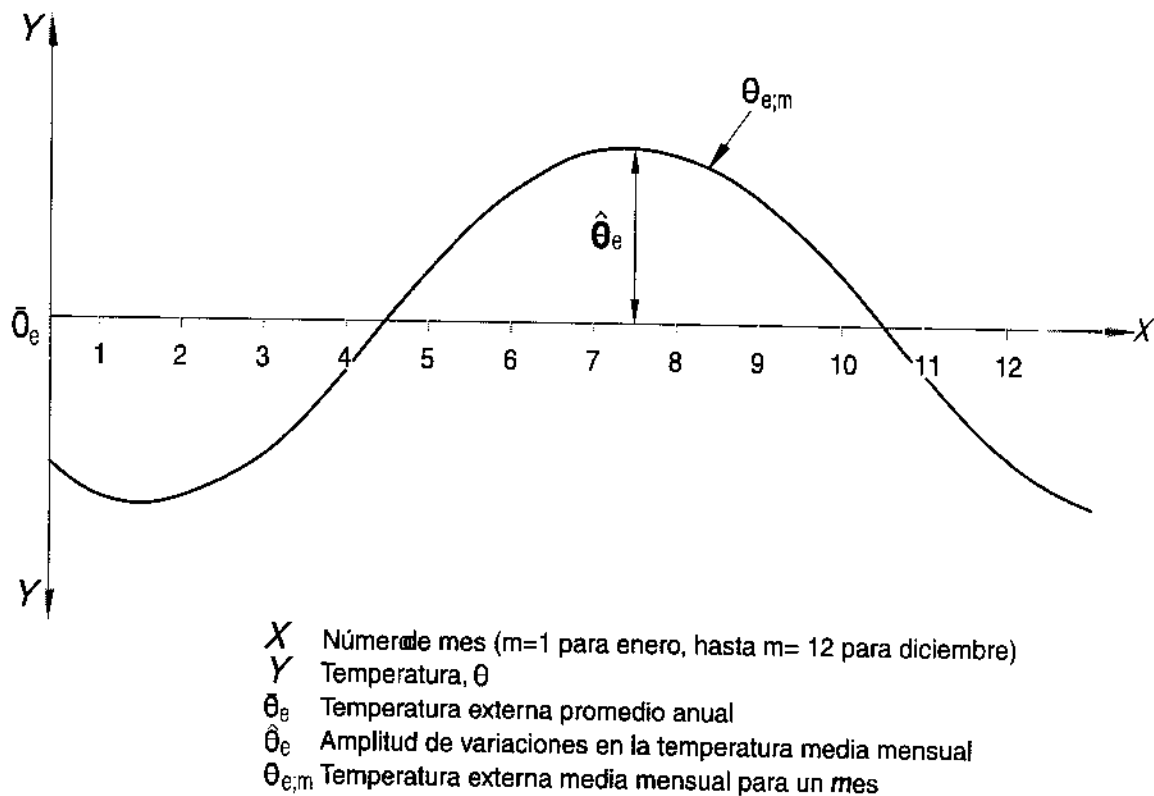


Figura A.1 – Ilustración de la variación de la temperatura externa en un año (en el hemisferio norte)

La tasa de flujo de calor promedio en el mes m se determina a través de:

$$\Phi_m = H_g \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e) - H_{pi} \cdot \hat{\theta}_{int} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{m - \tau + \alpha}{12}\right) + H_{pe} \cdot \hat{\theta}_e \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{m - \tau + \beta}{12}\right) \quad (A.3)$$

en que:

- Φ_m = tasa promedio de flujo de calor en el mes m , en W;
- H_g = coeficiente de transferencia de calor a través del suelo de estado estacionario, en W/K;
- H_{pi} = coeficiente de transferencia de calor periódico interno, en W/K;
- H_{pe} = coeficiente de transferencia de calor periódico externo, en W/K;
- $\bar{\theta}_{int}$ = temperatura interna media anual, expresada en grados Celcius (°C);
- $\hat{\theta}_{int}$ = amplitud de variaciones en la temperatura interna media mensual, en K;
- $\bar{\theta}_e$ = temperatura externa media anual, expresada en grados Celcius (°C);
- $\hat{\theta}_e$ = amplitud de variaciones en la temperatura externa media mensual, en K;
- α = tiempo transcurrido en que ocurre el ciclo de flujo de calor comparado la temperatura interna en meses;
- β = tiempo de retardo del ciclo de flujo de calor comparado con la temperatura externa en meses;
- τ = número de mes en que ocurre la temperatura externa mínima.

H_{pi} y H_{pe} incluyen el efecto del puente térmico en el borde del piso. Si se calculan sin el efecto de la transferencia de calor en relación con el borde, se debe agregar el término $P_{\psi g}$ a cada uno (ver 5.2).

NOTA 2 El ciclo periódico de transferencia de calor produce la variación de temperatura interna y retrasa la variación de la temperatura externa. En esta norma, tanto α como β son números positivos; el adelanto o retraso se consideran de acuerdo con Ecuación A.3.

Para el cálculo en detalle de H_{pe} , ver ISO 10211.

En Anexo F se entregan ecuaciones prácticas para calcular los coeficientes H_{pi} y H_{pe} y las diferencias de fases de α y β .

La Ecuación A.3 asume que la variación anual de la temperatura interna es tal que θ_{int} es menor en invierno que en verano. Si aplica lo opuesto, el valor de θ_{int} se debería considerar como negativo.

NOTA 3 Para cálculos basados en conjeturas sobre la temperatura interna constante, $\theta_{int} = 0$ y no se debe considerar H_{pi} .

A.3 Tasa de flujo de calor mensual utilizando temperaturas promedio mensuales

La tasa de flujo de calor mensual se calcula a través de:

$$\Phi_m = U \cdot A \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e) + P \cdot \Psi_{wf} \cdot (\theta_{int,m} - \theta_{e,m}) - H_{pi} \cdot (\bar{\theta}_{int} - \theta_{int,m}) + H_{pe} \cdot (\bar{\theta}_e - \theta_{e,m}) \quad (A.4)$$

en que se asume que las diferencias de fases α y β (ver cláusula C.2) equivalen a cero y en que U y A corresponden a las construcciones en contacto con el suelo.

A.4 Tasa de flujo de calor promedio según temporada de calor o de frío

Generalmente, para calcular la transferencia de calor por temporada, se puede ignorar el efecto de la diferencia de fase entre el flujo de calor y las variaciones de temperatura. Por lo tanto, la tasa de flujo de calor promedio a través del suelo en la temporada de calor se determina a partir del promedio de los términos de coseno de Ecuación A.3:

$$\bar{\Phi} = H_g \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e) - \gamma \cdot H_{pi} \cdot \hat{\theta}_{int} + \gamma \cdot H_{pe} \cdot \hat{\theta}_e \quad (A.5)$$

en que el valor de γ , que depende de la extensión de la temporada de calor, se determina a través de Ecuación (A.6):

$$\gamma = \frac{12}{n \times \pi} \cdot \sin\left(\frac{n \times \pi}{12}\right) \quad (A.6)$$

en que n es el número de meses en la temporada de calor.

La Ecuación (A.5) asume que la variación anual de la temperatura interna es tal que θ_i es menor en invierno que en verano. Si aplica lo opuesto, el valor de θ_{int} se debería considerar como negativo.

NOTA Para cálculos basados en conjeturas sobre la temperatura interna constante, $\hat{\theta}_i = 0$ y no se debe considerar H_{pi} .

El uso de Ecuación (A.5) es adecuado para realizar cálculos de pérdida de calor por temporadas, no de manera mensual.

La Ecuación (A.5) también se puede utilizar para realizar cálculos de pérdida de calor de manera mensual, cuando no es necesaria la variación de pérdidas a través del suelo entre meses. Esto tiene el efecto de tratar las pérdidas a través del suelo como un término constante, lo que resulta en una sobreestimación de dichas pérdidas hacia fines de la temporada de calor y en una subestimación en plena temporada de calor.

La tasa de flujo de calor promedio en la temporada de frío se calcula de manera similar:

$$\bar{\Phi} = H_g \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e) + \gamma \cdot H_{pi} \cdot \hat{\theta}_{int} - \gamma \cdot H_{pe} \cdot \hat{\theta}_e \quad (A.7)$$

con γ de Ecuación (A.6), y utilizando el número de meses en la temporada de frío para n .

A.5 Tasa de flujo de calor promedio anual

Si $\hat{\theta}_{int}$, $\hat{\theta}_e$ o la duración de la temporada de calor se desconocen, o si solo se necesita una aproximación de las pérdidas a través del suelo, la tasa de flujo de calor a través del suelo se puede considerar como un término constante equivalente al componente de estado estacionario:

$$\bar{\Phi} = H_g \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e) \quad (A.8)$$

A menudo resulta en una aproximación adecuada, especialmente si la temporada de calor es larga o si $\hat{\theta}_i$ y $\hat{\theta}_e$ tienen efectos opuestos en el flujo de calor.

A.6 Tasa de flujo de calor mensual máxima

La tasa de flujo de calor mensual máxima se determina a través de:

$$\Phi_{max} = H_g \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e) + H_{pe} \cdot \hat{\theta}_e \quad (A.9)$$

NOTA Esta expresión corresponde a una temperatura interna constante y la contribución máxima de la variación de temperatura externa.

A.7 Coeficiente de transferencia de calor a través del suelo mensual como entrada para cálculos mensuales del balance térmico en una edificación

NOTA 1 Las cantidades en esta sub-cláusula se pueden utilizar en el método de cálculo mensual de ISO 52016-1. Ver Anexo D para las cantidades de entrada para el método de cálculo por hora en ISO 52016-1.

El coeficiente de transferencia de calor a través del suelo, $H_{g;an;m}$, en un mes m se determina a través de:

$$H_{g;an;m} = \frac{\Phi_m}{\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e} \quad (A.10)$$

NOTA 2 La diferencia de temperatura promedio anual se utiliza en Ecuación (A.10), pues la diferencia entre las temperaturas internas y externas mensuales pueden ser igual a cero. $H_{g;an;m}$ se debe usar con la diferencia entre la temperatura interna en un mes m y la temperatura externa promedio anual.

Los valores por temporada ajustados a la diferencia de temperatura promedio en la temporada de calor se encuentran en Ecuación (A.11):

$$H_{g;H;adj} = \frac{\sum H_{g;an;m}}{6} \times \frac{\sum (\theta_{int;m;H} - \theta_{e;m;H})}{6 \cdot (\theta_{int;an} - \theta_{e;an})} \quad (A.11)$$

en que mH denota la suma de octubre a marzo (hemisferio norte), o abril a septiembre (hemisferio sur).

Los valores por temporada ajustados a la diferencia de temperatura promedio en la temporada de frío se encuentran en Ecuación (A.12):

$$H_{g;C;adj} = \frac{\sum H_{g;an;m}}{mC} \times \frac{\sum (\theta_{int;m;C} - \theta_{e;m;C})}{6 \cdot (\theta_{int;an} - \theta_{e;an})} \quad (A.12)$$

en que mC denota la suma desde abril hasta septiembre (hemisferio norte), o desde octubre hasta marzo (hemisferio sur).

NOTA 3 $H_{g;H;adj}$ y $H_{g;C;adj}$ se deben utilizar para calcular la constante de tiempo de la edificación o área acondicionada.

A.8 Transferencia de calor total durante la temporada de calor o la temporada de frío

La transferencia de calor total a través del suelo es la integral de la tasa de flujo de calor, que se puede representar con la suma de los valores mensuales:

$$Q = \sum_{m=m_1}^{m_2} Q_m \quad (A.13)$$

$$Q_m = 86\,400 \times N_m \cdot \Phi_m \quad (A.14)$$

en que:

- Q = es la transferencia de calor total, en J;
- Q_m = es la transferencia de calor en el mes m , en J;
- N_m = es el número de días en el mes m ;
- Φ_m = es la tasa de flujo de calor en el mes m , en W;
- m_1 = primer mes de la temporada de frío o de calor;
- m_2 = último mes de la temporada de frío o de calor;
- 86 400 = número de segundos en un día.

En caso de una tasa de flujo de calor promedio de Ecuación (A.4) o Ecuación (A.7):

$$Q_m = 86\,400 \times N \cdot \Phi \quad (A.15)$$

en que N es el total de días en la temporada de calor.

Anexo B (normativo)

Losa apoyada en terreno con aislamiento de borde

B.1 General

Un piso con losas apoyadas en terreno puede contar con aislamiento, instalado de manera horizontal o vertical en el perímetro del piso. Las ecuaciones de este anexo aplican cuando la anchura o profundidad del aislamiento de borde, D , es pequeña si se compara con la anchura de la edificación.

Se pueden utilizar métodos numéricos como alternativa. Cuando los cálculos de transmitancia térmica lineal incorporan el efecto de cualquier aislamiento de borde, no se deben incluir los cálculos en este anexo.

El efecto de aislamiento de borde se considera como una transmitancia térmica lineal, $\Psi_{g,ed}$, que se obtiene de acuerdo con B.2 para aislamiento de borde horizontal o B.3 para aislamiento de borde vertical. Los cimientos de baja densidad, de conductividad térmica menor que la del suelo, se consideran como aislamiento de borde vertical. $\Psi_{g,ed}$ es un valor negativo.

Si el detalle del cimiento tiene aislamiento de borde de más de una sección (vertical u horizontal, interno o externo), calcular $\Psi_{g,ed}$ a través de los procedimientos a continuación para cada aislamiento por separado y utilizarlo dependiendo de la pérdida de calor.

NOTA 1 Las ecuaciones en este anexo entregan estimaciones adecuadas del efecto de agregar aislamiento de borde a los suelos aislados. Subestiman el efecto de añadir más aislamiento de borde a un suelo que ya ha sido aislado. Sin embargo, puede resultar que el efecto del aislamiento de borde sea menor a lo proyectado.

Las Ecuaciones (B.5) y (B.6) consideran el espesor equivalente adicional resultante del aislamiento de borde, d' , que se define como:

$$d' = R' \lambda \quad (B.1)$$

en que R' es la resistencia térmica generada por el aislamiento de borde (o cimiento), es decir, la diferencia entre la resistencia térmica del aislamiento de borde y la del suelo (o losa) reemplaza:

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda} \quad (B.2)$$

en que:

R_n = resistencia térmica del aislamiento de borde horizontal o vertical (o cimiento), en $m^2 \cdot K/W$;

d_n = espesor del aislamiento de borde (o cimiento), en m.

Cuando se incluye $\Psi_{g,ed}$ en el cálculo, la Ecuación (1) se debe modificar de la siguiente manera:

$$H_g = (A \cdot U) + P \cdot (\Psi_{w,t} + \Psi_{g,ed}) \quad (B.3)$$

Para cálculos de estado estacionario, el efecto del aislamiento de borde se puede incorporar en la transmitancia térmica del piso, utilizando Ecuación (B.4).

$$U_{fg;sog} = U_{fg;sog;0} + \frac{2 \cdot \Psi_{g;ed}}{B} \quad (\text{B.4})$$

en que $U_{fg;sog;0}$ es la transmitancia térmica del piso sin aislamiento de borde, en cuyo caso la Ecuación (1) se debe aplicar para calcular el coeficiente de transferencia de calor del suelo de estado estacionario.

NOTA 2 En el cálculo de U_0 se incluyen todos los aislamientos completos de la losa de piso.

NOTA 3 Tanto Ψ_g como $\Psi_{g;ed}$ están considerados en H_{pi} y H_{pe} (ver Anexo A).

B.2 Aislamiento de borde horizontal

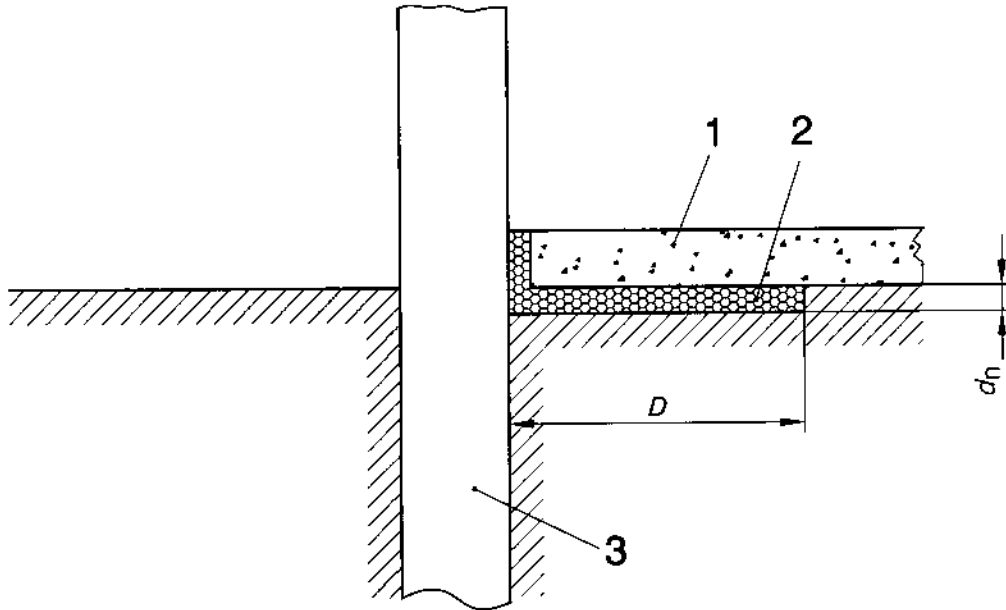
La Ecuación (B.5) aplica al aislamiento instalado horizontalmente en el perímetro del suelo (ver Figura D.1):

$$\Psi_{g;ed} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln\left(\frac{D}{d_f} + 1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_f + d} + 1\right) \right] \quad (\text{B.5})$$

en que:

D = es la anchura del aislamiento de borde horizontal, en m;

d = corresponde a lo definido en Ecuación (B.1).



- 1 Losa de piso
- 2 Aislamiento de borde horizontal
- 3 Muro de cemento
- d_n Espesor del aislamiento de borde (o cemento)
- D Anchura del aislamiento de borde horizontal

Figura B.1 – Diagrama del aislamiento de borde horizontal

La Figura B.1 muestra el aislamiento de borde debajo de la losa. La Ecuación (B.5) también aplica al aislamiento de borde horizontal sobre la losa o externo a la edificación.

B.3 Aislamiento de borde vertical

La Ecuación (B.6) aplica para el aislamiento ubicado verticalmente bajo tierra en el perímetro del piso (ver Figura B.2) y a los cimientos de material de menor conductividad térmica que el suelo (ver Figura B.3):

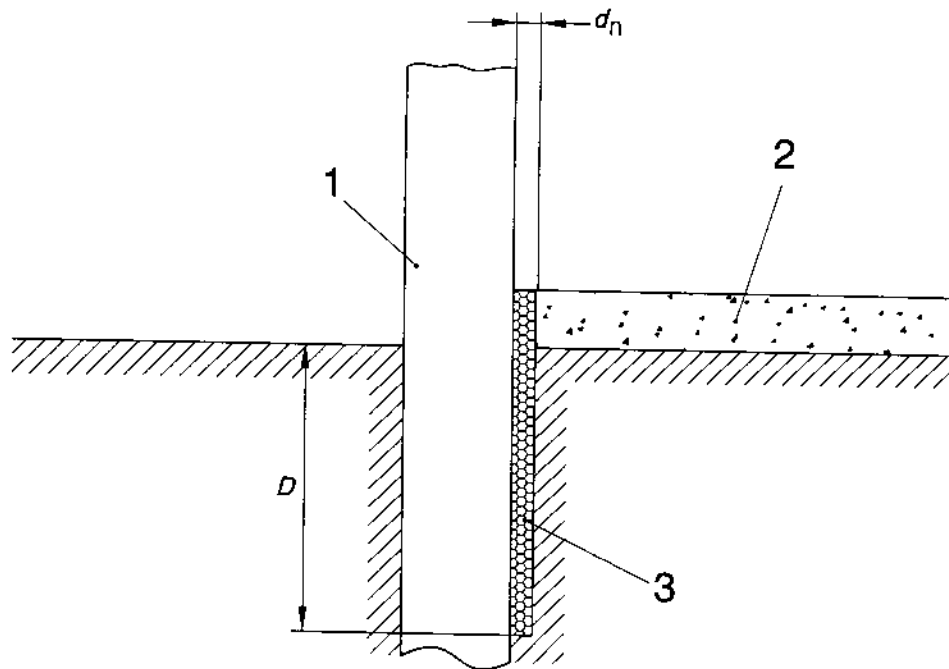
$$\Psi_{w,f} = -\frac{\lambda}{\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot D}{d_f} + 1\right) - \ln\left(\frac{2 \cdot D}{d_f + d'} + 1\right) \right] \quad (B.6)$$

en que:

D = es la profundidad del aislamiento de borde vertical (o cimiento) bajo el nivel del suelo, en m;

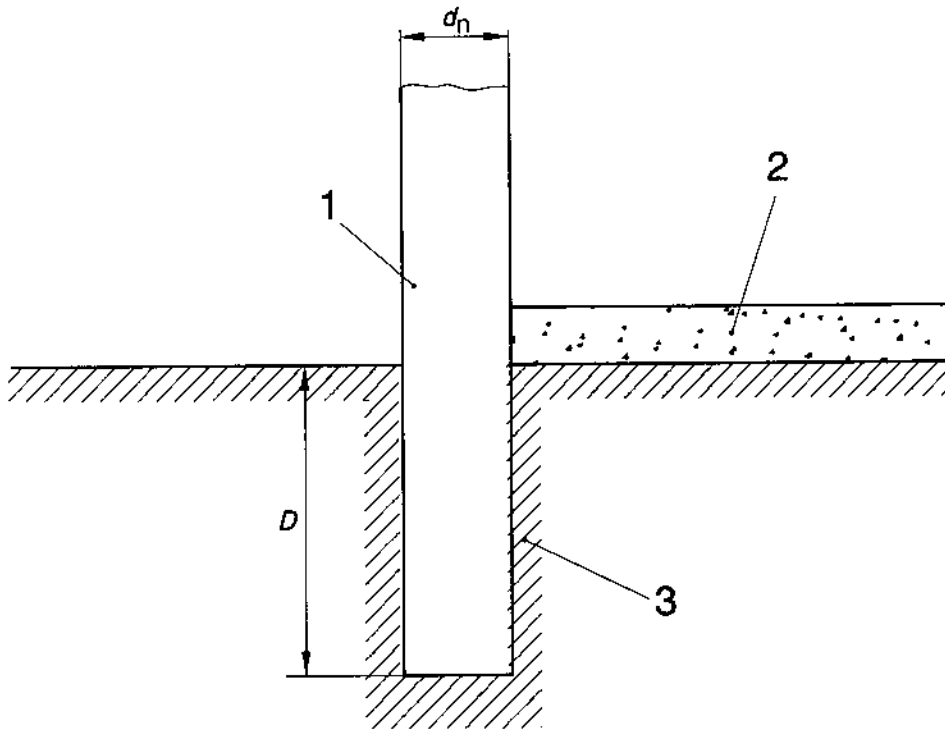
d' = corresponde a lo definido en Ecuación (B.1).

La Figura B.2 muestra el aislamiento de borde dentro del muro de cemento. La Ecuación (B.6) también aplica al aislamiento de borde vertical afuera o dentro del muro de cemento.



- 1 Muro de cimiento
- 2 Losa de piso
- 3 Aislamiento de borde vertical
- d_n Espesor del aislamiento de borde (o cimiento)
- D Profundidad del aislamiento de borde vertical (o cimiento) bajo el nivel del suelo

Figura B.2 – Aislamiento del borde vertical (capa de aislamiento)



- 1 Muro de cemento de baja densidad con $\lambda_n < \lambda$
- 2 Losa de piso
- d_n Espesor del aislamiento de borde (o cemento)
- D Profundidad del aislamiento de borde vertical (o cemento) bajo el nivel del suelo

Figura B.3 – Aislamiento del borde vertical (cemento de baja densidad)

Anexo C (informativo)

Tasa de flujo de calor para las áreas centrales y de borde de una edificación

Las ecuaciones en esta norma entregan la tasa de flujo de calor total a través de todo el piso. Cuando se requiere el flujo de calor para ciertas habitaciones de una edificación, en la que algunas habitaciones tienen muros externos y otras no, el flujo de calor a través del piso se puede dividir en dos partes, aplicables respectivamente a habitaciones con muros externos (las áreas del borde) y habitaciones sin muros externos (el área central). Para obtener el flujo de calor total para cada área, agregue la contribución correspondiente a los muros y otros elementos.

La tasa de flujo de calor de estado estacionario se calcula primero para todo el piso, Φ_t . Luego se divide en la tasa de flujo de calor para el área del borde, Φ_e , y central, Φ_m , de la siguiente manera:

$$\Phi_e = \Phi_t \cdot \frac{A_e}{A_m \left(\frac{b + d_{f,tot}}{0,5 \times B + d_{f,tot}} \right) + A_e} \quad (C.1)$$

$$\Phi_m = \Phi_t - \Phi_e \quad (C.2)$$

$$q_e = \frac{\Phi_e}{A_e} \quad (C.3)$$

$$q_m = \frac{\Phi_m}{A_m} \quad (C.4)$$

en que:

- q_e = densidad de la tasa de flujo de calor para las habitaciones en el borde de la edificación;
- q_m = densidad de la tasa de flujo de calor para las habitaciones en el centro de la edificación;
- A_e = superficie total de suelo de habitaciones en el borde de la edificación;
- A_m = superficie total de suelo de habitaciones en el centro de la edificación;
- b = anchura promedio de las habitaciones en el borde de la edificación, igual a A_e dividido por el perímetro expuesto total;
- $d_{f,tot}$ = espesor equivalente total, d_f , calculado según se indica en cláusula 7, aplicado al piso de toda la edificación;
- B = dimensión característica de todo el piso según se define en 6.7.1.

La transferencia de calor periódica debido a la variación anual en la temperatura externa se debería aplicar solo a las habitaciones en el borde de la edificación.

Anexo D (normativo)

Aplicación a programas de cálculo dinámico

NOTA Las cantidades en esta sub-cláusula se deben utilizar en el método de cálculo por hora de ISO 52016-1. Ver A.7 para las cantidades de entrada para el método de cálculo por mes en ISO 52016-1.

Este anexo describe un método para tratar transferencias de calor a través del suelo con métodos transitorios para el cálculo de flujos de calor o temperaturas en edificaciones, utilizando un intervalo de tiempo de una hora o menos.

La construcción del piso junto con el suelo se modela como un componente único, que consiste en cada capa en la construcción del piso más 0,5 m de profundidad de suelo más una capa virtual.

La Tabla 8 incluye diferentes opciones para las propiedades de la capa de suelo de 0,5 m.

En este anexo, U corresponde a U_{ig} ; SOG, U_{ig} ; SUS, U_{bg} ; eff o U_{ub} , dependiendo del tipo de piso.

Se incluye la capa virtual para que el flujo de calor promedio anual sea correcto. Su resistencia térmica corresponde a R_{vi} y tiene una capacidad térmica no significativa. R_{vi} se calcula a partir de Ecuación (F.1):

$$R_{vi} = \frac{1}{U} - R_{si} - R_f - R_g \quad (D.1)$$

en que:

U = transmitancia térmica de estado estacionario del piso, incluyendo el efecto del suelo, calculada a través de los métodos descritos en esta norma o mediante un método numérico que utilice las condiciones y supuestos de borde aplicables al cálculo de U de esta norma;

R_{si} = resistencia de la superficie interna del piso;

R_f = resistencia térmica total de todas las capas en la construcción del piso;

R_g = resistencia térmica de 0,5 m del suelo; $R_g = 0,5/\lambda_g$ (ver Tabla 8).

Para los efectos del modelo térmico, se puede asignar un espesor de 0,1 m a la capa virtual, de modo que su conductividad térmica sea de $0,1/R_{vi}$. Su densidad y capacidad calorífica específica deberían ser cero o valores muy bajos (1 kg/m^3 y $1 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, respectivamente).

La condición del borde en la parte inferior de la capa virtual es una temperatura virtual, θ_{vi} .

θ_{vi} se puede asignar para cada mes del año según:

$$\theta_{vi,m} = \theta_{int,m} - \frac{\Phi_m - P \cdot \Psi_{wf} \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e)}{A \cdot U} \quad (D.2)$$

en que Φ_m se calcula de acuerdo con Ecuación (A.4) y las otras entradas de la ecuación se explican en Ecuación (1) y/o Ecuación (A.3).

NOTA Como se muestra en la ecuación para la temperatura virtual, cualquier transferencia de calor relacionada con el borde se resta explícitamente de la tasa de flujo de calor mensual. En cálculos dinámicos, la transferencia de calor relacionada con el borde es un elemento de flujo de calor lineal sin inercia, como todos los demás elementos de un puente térmico lineal.

La Ecuación (D.2) es en general una aproximación adecuada. Como alternativa, θ_{vi} se puede calcular usando un método numérico para diferentes intervalos de tiempo:

$$\theta_{vi,t} = \theta_{int,t} - \frac{\Phi_t}{A \cdot U} \quad (D.1)$$

en que Φ_t se calcula en el tiempo t , usando un método numérico y excluyendo la transferencia de calor relacionada con el borde.

Anexo E (normativo)

Ventilación bajo entresuelos

E.1 Expresiones generales para la temperatura media y la transmitancia térmica

El calor que entra a través del piso suspendido al espacio del entrepiso se transfiere desde el espacio del entrepiso al ambiente externo de tres maneras:

- a) a través del suelo;
- b) a través del muro (sobre el nivel del suelo) del espacio del entrepiso;
- c) por ventilación del espacio del entrepiso.

Un balance térmico de estado estacionario de estos flujos de calor indica la temperatura promedio del espacio del entrepiso de la siguiente manera:

$$\bar{\theta}_{US} = \frac{A \cdot U_{f,sus} \cdot \bar{\theta}_{int} + V \cdot c_p \cdot \rho \cdot \bar{\theta}_{ve} + (A \cdot U_g + h \cdot P \cdot U_w) \cdot \bar{\theta}_e}{A \cdot U_{f,sus} + V \cdot c_p \cdot \rho + A \cdot U_g + h \cdot P \cdot U_w} \quad (E.1)$$

en que:

- θ_{US} = temperatura media anual en el espacio del entrepiso, expresada en grados Celcius (°C);
- θ_{int} = temperatura interna media anual, expresada en grados Celcius (°C);
- θ_e = temperatura externa media anual, expresada en grados Celcius (°C);
- θ_{ve} = temperatura media anual del aire de ventilación, expresada en grados Celcius (°C)
- $U_{f,sus}$ = transmitancia térmica de la parte suspendida del suelo, en W/(m²·K);
- U_g = transmitancia térmica del suelo, en W/(m²·K);
- U_w = transmitancia térmica de los muros del espacio del entrepiso (sobre el nivel del suelo) en W/(m²·K);
- V = tasa de intercambio de aire volumétrica, en m³/s;
- h = altura del piso suspendido sobre el nivel del suelo, en m;
- c_p = capacidad calorífica específica del aire a presión constante, en J/(kg·K);
- ρ = densidad de aire, en kg/m³.

U_g se debería obtener a través del método en 7.2 si la profundidad de la base del espacio del entrepiso bajo el nivel del suelo, z , no supera los 0,5 m. Si $z > 0,5$ m, se pueden usar métodos análogos a los de 7.3, de manera que:

$$U_g = U_{fg;b} + \frac{z \cdot P \cdot U_{wg;b}}{A} \quad (\text{E.2})$$

en que $U_{fg;b}$ y $U_{wg;b}$ se obtienen a través de lo indicado en 7.3.

La transmitancia térmica del piso (entre los ambientes interno y externo) se determina a través de Ecuación (E.3):

$$U_{fg;sus} = U_{f;sus} \cdot \left[\frac{A \cdot U_g + h \cdot P \cdot U_w + V \cdot c_p \cdot \rho (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_{ve}) / (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e)}{A \cdot U_{f;sus} + A \cdot U_g + h \cdot P \cdot U_w + V \cdot c_p \cdot \rho} \right] \quad (\text{E.3})$$

Las Ecuaciones (E.2) y (E.3) también se pueden utilizar para subterráneo no calefaccionados.

E.2 Tasa de ventilación

V está especificada para suelos ventilados mecánicamente. Para pisos con ventilación natural,

$$V = 0,59 \times \varepsilon \times v \times f_w \times P \quad (\text{E.4})$$

en que:

V = tasa de ventilación, en m^3/s ;

ε = es la superficie de apertura de ventilación por longitud perimetral, en m^2/m ;

v = velocidad del viento diseñado, a 10 m de altura, en m/s ;

f_w = factor de protección contra el viento definido en 7.2;

P = perímetro, expresada en metros (m).

E.3 Ventilación natural

En este caso, $\bar{\theta}_{ve} = \bar{\theta}_e$ y la reorganización de Ecuación (E.3), junto con Ecuación (E.4), da las Ecuaciones de la (8) a la (11).

E.4 Ventilación mecánica desde el interior

En este caso, $\bar{\theta}_{ve} = \bar{\theta}_{int}$ y de Ecuación (E.3):

$$\frac{1}{U_{fg;sus}} = \frac{1}{U_{f;sus}} + \frac{1 + (V \cdot c_p \cdot \rho) / (A \cdot U_{f;sus})}{U_g + 2 \cdot h \cdot U_w / B} \quad (\text{E.5})$$

E.5 Ventilación mecánica desde el exterior

En este caso, $\bar{\theta}_{ve} = \bar{\theta}_e$ y de Ecuación (E.3):

$$\frac{1}{U_{fg,sus}} = \frac{1}{U_{f,sus}} + \frac{1}{U_g + 2 \cdot h \cdot U_w / B + V \cdot c_p \cdot \rho / A} \quad (\text{E.6})$$

E.6 Espacio del entrepiso sin ventilación

En este caso, $V = 0$ y de Ecuación (E.3):

$$\frac{1}{U_{fg,sus}} = \frac{1}{U_{f,sus}} + \frac{1}{U_g + 2 \cdot h \cdot U_w / B} \quad (\text{E.7})$$

E.7 Subterráneos no calefaccionados

La Ecuación (E.6) se aplica con $V \times c_p \times \rho = 0,34 \times n \times V$.

Anexo F (normativo)

Coeficientes de transferencia de calor periódica

F.1 General

En este anexo se entregan ecuaciones para los coeficientes de transferencia de calor periódica H_{pi} y H_{pe} definidos en Anexo A. Las ecuaciones para H_{pi} suponen que la construcción de la superficie del piso es totalmente uniforme. Las ecuaciones para H_{pe} se basan en juntas muro/piso ideales y pueden representar una subestimación de la transferencia de calor periódica en algunos casos, pero son aplicables a los cálculos de esta norma.

NOTA Para obtener más información, consultar ISO/TR 52019-2. Es posible que una edición futura de esta norma entregue una base mejorada.

F.2 Profundidad de penetración periódica

Los coeficientes de transferencia de calor periódica están relacionados con la profundidad de penetración periódica δ , la profundidad en el suelo a la que (para flujo de calor unidimensional) la amplitud de la temperatura se reduce a $1/e$ de la superficie, en que e ($= 2,718$) es la base de los logaritmos naturales. Para un ciclo de temperatura anual, δ se determina a través de:

$$\delta = \sqrt{\frac{3,15 \times 10^7 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot \rho \cdot c}} \quad (\text{F.1})$$

en que:

δ = profundidad de penetración periódica, expresada en metros (m);

λ_g = conductividad térmica, en $W/(m \cdot K)$;

ρ = densidad, kg/m^3 ;

c = capacidad térmica; $J/(kg \cdot K)$.

NOTA $3,15 \times 10^7$ es el número de segundos en un año.

La Tabla F.1 proporciona valores de δ para usar en los cálculos de esta norma.

Tabla F.1 – Profundidad de penetración periódica

Categoría	Descripción	δ m
1	arcilla o cieno	2,2
2	arena o gravilla	3,2
3	roca homogénea	4,2

F.3 Diferencias de fase

El valor preciso del tiempo transcurrido o de retardo entre el flujo de calor y las variaciones de temperatura no afecta significativamente el resultado de los cálculos de energía, y para los cálculos de esta norma, aplican los valores en Tabla F.2.

El aislamiento de borde de un piso con losa apoyada en terreno aumenta el tiempo de retardo comparado con la variación de temperatura externa, especialmente si se coloca verticalmente o afuera de la edificación. Para pisos suspendidos, los efectos son menores porque el flujo de calor de ventilación no tiene tiempo de retardo.

Tabla F.2 – Diferencia de fases (en meses)

Tipo de piso	α	β
Losa apoyada en terreno, sin aislamiento de borde		
Losa apoyada en terreno con aislamiento de borde horizontal		
Losa apoyada en terreno con aislamiento de borde vertical o externo		
Piso suspendido		
Subterráneo (calefaccionado o no)		

F.4 Piso con losa apoyada en terreno: Sin aislamiento o con aislamiento completo

F.4.1 Variación de temperatura interna

El coeficiente de transferencia de calor periódico interno relacionado con las variaciones de temperatura interna en un ciclo anual es:

$$H_{pi} = A \cdot \frac{\lambda_g}{d_f} \cdot \frac{2}{\sqrt{\left(1 + \frac{\delta}{\delta_f}\right)^2 + 1}} \tag{F.1}$$

en que:

- H_{pi} = coeficiente de transferencia de calor periódico interno, en W/K;
- A = superficie del piso, en m^2 ;
- λ = conductividad térmica, en W/(m·K);
- δ = profundidad de penetración periódica, expresada en metros (m);
- d_f = espesor equivalente total, expresado en metros (m).

F.4.2 Variación de temperatura externa

El coeficiente de transferencia de calor periódico relacionado con las variaciones de temperatura externa en un ciclo anual es:

$$H_{pe} = 0,37 \times P \cdot \lambda_g \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_f} + 1\right) \quad (F.3)$$

en que:

- H_{pe} = coeficiente de transferencia de calor periódico externo, en W/K;
- P = perímetro, expresado en metros (m);
- λ = conductividad térmica, en W/(m·K);
- δ = profundidad de penetración periódica, expresado en metros (m);
- d_f = espesor equivalente total, expresado en metros (m).

F.5 Losa apoyada en terreno con aislamiento de borde

F.5.1 Variación de temperatura interna

No considerar el aislamiento de borde y calcular H_{pi} según F.4.1.

F.5.2 Variación de temperatura externa

H_{pe} tiene dos términos, uno relacionado con el borde del piso, y el otro con el área central del piso.

Los pisos con aislamiento de borde horizontal:

$$H_{pe} = 0,37 \times P \cdot \lambda_g \cdot \left[\left(1 - e^{-\frac{D}{\delta}}\right) \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_f + d'} + 1\right) + e^{-\frac{D}{\delta}} \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_f} + 1\right) \right] \quad (F.4)$$

en que D es la anchura del aislamiento de borde horizontal (en m), d_f corresponde a lo definido en 7.1 y d' corresponde a lo definido en Anexo B.

Los pisos con aislamiento de borde vertical:

$$H_{pe} = 0,37 \times P \cdot \lambda_g \cdot \left[\left(1 - e^{-\frac{2 \cdot D}{\delta}} \right) \cdot \ln \left(\frac{\delta}{d_f + d} + 1 \right) + e^{-\frac{2 \cdot D}{\delta}} \cdot \ln \left(\frac{\delta}{d_f} + 1 \right) \right] \quad (F.5)$$

en que D es la profundidad del aislamiento de borde vertical (o cimiento) bajo el nivel del suelo, en m;

Si el detalle del cimiento tiene aislamiento de borde de más de una sección (vertical u horizontal, interno o externo), calcular H_{pe} a través de los procedimientos anteriores para cada aislamiento de borde por separado y utilizar el valor más bajo.

F.6 Piso suspendido

F.6.1 General

Para el cálculo de coeficientes periódicos, usar U_f , U_x y d_g según lo definido en 7.2.

F.6.2 Variación de temperatura interna

$$H_{pi} = A \cdot \left[\frac{1}{U_{f,sus}} + \frac{1}{\lambda_g / \delta + U_x} \right] \quad (F.6)$$

F.6.3 Variación de temperatura externa

$$H_{pe} = U_f \cdot \frac{0,37 \times P \cdot \lambda_g \cdot \ln \left(\frac{\delta}{d_g} + 1 \right) + U_x \cdot A}{\frac{\lambda_g}{\delta + U_x + U_f}} \quad (F.7)$$

F.7 Subterráneos calefaccionados

F.7.1 Variación de temperatura interna

El coeficiente de transferencia de calor periódico debido a variaciones de temperatura interna en un ciclo anual se compone de dos términos. El primero se relaciona con el piso del subterráneo y el segundo con los muros del subterráneo.

$$H_{pi} = A \cdot \frac{\lambda_g}{d_f} \cdot \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{\delta}{d_f}\right)^2 + 1}} + z \cdot P \cdot \frac{\lambda_g}{d_w} \cdot \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{\delta}{d_{w,b}}\right)^2 + 1}} \quad (F.8)$$

en que:

H_{pi} = coeficiente de transferencia de calor periódico interno, en W/K;

A = superficie del piso, en m²;

λ_g = la conductividad térmica, en W/(m·K);

- d_f = espesor equivalente total para el piso del subterráneo, expresado en metros (m);
 δ = profundidad de penetración periódica, expresada en metros (m);
 z = profundidad del suelo del subterráneo en relación con el nivel de suelo, expresada en metros (m);
 P = perímetro expuesto, expresado en metros (m);
 $d_{w;b}$ = espesor equivalente total para los muros del subterráneo, expresado en metros (m).

F.7.2 Variación de temperatura externa

El coeficiente de transferencia de calor periódico debido a variaciones de temperatura externo en un ciclo anual se compone de dos términos. El primero se relaciona con el piso del subterráneo y el segundo con los muros del subterráneo.

$$H_{pe} = 0,37 \times P \cdot \lambda_g \cdot \left[e^{-\frac{z}{\delta}} \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_f} + 1\right) + 2 \cdot \left(1 - e^{-\frac{z}{\delta}}\right) \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_{w;b}} + 1\right) \right] \quad (F.9)$$

en que:

- H_{pe} = coeficiente de transferencia de calor periódico externo, en W/K;
 P = perímetro expuesto, expresado en metros (m);
 λ_g = conductividad térmica, en W/(m · K);
 z = profundidad del suelo del subterráneo en relación con el nivel de suelo, en m;
 δ = profundidad de penetración periódica, expresada en metros (m);
 d_f = espesor equivalente total para el piso del subterráneo, expresado en metros (m);
 $d_{w;b}$ = espesor equivalente total para los muros del subterráneo, expresado en metros (m).

F.8 Subterráneos no calefaccionados

F.8.1 Variación de temperatura interna

$$H_{pi} = \left[\frac{1}{A \cdot U_{f;s}} + \frac{1}{(A + z \cdot P) \cdot \frac{\lambda_g}{\delta} + h \cdot P \cdot U_w + 0,33 \cdot n \cdot V} \right]^{-1} \quad (F.10)$$

en que:

- H_{pi} = coeficiente de transferencia de calor periódico interno, en W/K;
 A = superficie del piso, en m²;

- $U_{f;s}$ = transmitancia térmica del piso (entre el entorno interno y el subterráneo), en $W/(m^2 \cdot K)$;
- U_w = transmitancia térmica de los muros del espacio del entrepiso (sobre el nivel del suelo, en $W/(m^2 \cdot K)$, calculada según ISO 6946;
- 0,33 = valor de la capacidad térmica del aire, in $Wh/(m^3 \cdot K)$;
- z = profundidad del suelo del subterráneo en relación con el nivel de suelo, en m;
- P = perímetro expuesto, en m;
- λ_g = conductividad térmica, en $W/(m \cdot K)$;
- δ = profundidad de penetración periódica, en m;
- h = altura de la superficie superior del piso sobre el nivel del suelo externo, en m;
- n = tasa de ventilación del subterráneo, en intercambios de aire por hora;
- V = volumen de aire del subterráneo, en m^3 .

F.8.2 Variación de temperatura externa

$$H_{pe} = A \cdot U_{f;s} \left[\frac{0,37 \times P \cdot \lambda_g \cdot \left(2 - e^{-\frac{z}{\delta}} \right) \times \ln \left(\frac{\delta}{d_f} + 1 \right) + h \cdot P \cdot U_w + 0,33 \cdot n \cdot V}{(A + z \cdot P) \cdot \frac{\lambda_g}{\delta} + h \cdot P \cdot U_w + 0,33 \cdot n \cdot V + A \cdot U_{f;sus}} \right] \quad (F.11)$$

en que:

- H_{pe} = coeficiente de transferencia de calor periódico externo, en W/K ;
- A = superficie del suelo, en m^2 ;
- $U_{f;sus}$ = transmitancia térmica del piso (entre el entorno interno y el subterráneo), en $W/(m^2 \cdot K)$;
- U_w = transmitancia térmica de los muros del espacio del entrepiso (sobre el nivel del suelo, en $W/(m^2 \cdot K)$, calculada según ISO 6946;
- 0,33 = valor de la capacidad térmica del aire, in $Wh/(m^3 \cdot K)$;
- P = perímetro expuesto, en m;
- λ_g = conductividad térmica, en $W/(m \cdot K)$;
- z = profundidad del suelo del subterráneo en relación con el nivel de suelo, expresada en metros (m);

- δ = profundidad de penetración periódica, expresada en metros (m);
- d_t = espesor equivalente total para el piso del subterráneo, expresado en metros (m);
- h = altura de la superficie superior del piso sobre el nivel del suelo externo, expresada en metros (m);
- n = tasa de ventilación del subterráneo, en intercambios de aire por hora;
- V = volumen de aire del subterráneo, en m³.

Anexo G
(informativo)

Bibliografía

- [1] ISO 10456, *Building materials and products - Hygrothermal properties - Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values.*
- [2] ISO 13789:2017, *Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method.*
- [3] ISO/TR 52000-2, *Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Explanation and justification of ISO 52000-1.*
- [4] ISO 52016-1, *Energy performance of buildings - Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads - Part 1: Calculation procedures.*
- [5] ISO/TR 52019-2, *Energy performance of buildings - Hygrothermal performance of building components and building elements - Part 2: Explanation and justification.*
- [6] CEN/TS 16628, *Energy performance of buildings - Basic principles for the set of EPB standards.*
- [7] CEN/TS 16629, *Energy performance of buildings - Detailed technical rules for the set of EPB standards.*

NOTA EXPLICATIVA NACIONAL		
La equivalencia de las Normas Internacionales señaladas anteriormente con Norma Chilena, y su grado de correspondencia es el siguiente:		
Norma Internacional	Norma nacional	Grado de correspondencia
ISO 10456	No hay	No hay
ISO 13789:2017	NCh3078:20181	La Norma Chilena NCh3078:2008, es una traducción modificada de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 13789:2017.
ISO/TR 52000-2	No hay	No hay
ISO 52016-1	No hay	No hay
ISO/TR 52019-2	No hay	No hay
CEN/TS 16628	No hay	No hay
CEN/TS 16629	No hay	No hay

Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas — Cálculo de la transmitancia térmica — Parte 2: Método numérico para marcos

Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames

ICS 91.120.10; 91.060.50



Número de referencia
NCh3137/2:2018
74 páginas

© INN 2018



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© INN 2018

Derechos de autor:

La presente Norma Chilena se encuentra protegida por derechos de autor o copyright, por lo cual, no puede ser reproducida o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin permiso escrito del INN. La publicación en Internet se encuentra prohibida y penada por la ley.

Se deja expresa constancia que en caso de adquirir algún documento en formato impreso, éste no puede ser copiado (fotocopia, digitalización o similares) en cualquier forma. Bajo ninguna circunstancia puede ser revendida. Asimismo, y sin perjuicio de lo indicado en el párrafo anterior, los documentos adquiridos en formato .pdf, tiene autorizada sólo una impresión por archivo, para uso personal del Cliente. El Cliente ha comprado una sola licencia de usuario para guardar este archivo en su computador personal. El uso compartido de estos archivos está prohibido, sea que se materialice a través de envíos o transferencias por correo electrónico, copia en CD, publicación en Intranet o Internet y similares.

Si tiene alguna dificultad en relación con las condiciones antes citadas, o si usted tiene alguna pregunta con respecto a los derechos de autor, por favor contacte la siguiente dirección:

Instituto Nacional de Normalización - INN

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago Downtown Torre 7, piso 18 • Santiago de Chile

Tel. + 56 2 2445 88 00

Correo Electrónico contacto@inn.cl

Sitio Web www.inn.cl

Publicado en Chile

Contenido	Página
Preámbulo	vii
0 Introducción	1
1 Alcance y campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones	2
4 Símbolos y subíndices	2
4.1 Símbolos	2
4.2 Subíndices	3
5 Método de cálculo	4
5.1 Resultado del método	4
5.2 Principio general	4
5.3 Validación de los programas de cálculo	4
6 Cálculo de la transmitancia térmica	5
6.1 Datos resultantes	5
6.2 Intervalos de tiempo en los cálculos	5
6.3 Datos de entrada	5
6.4 Procedimientos de cálculo	9
7 Informe	28
7.1 Contenidos del informe	28
7.2 Datos geométricos	29
7.3 Datos térmicos	29
7.4 Presentación de los resultados	29
Anexos	
Anexo A (normativo) Conductividad térmica y otras características de los materiales seleccionados	30
Anexo B (normativo) Resistencias superficiales	33
Anexo C (normativo) Determinación de la transmitancia térmica	35
C.1 Transmitancia térmica de la sección de marco	35
Anexo D (normativo) Ejemplos generales para la validación de los programas de cálculo usando el método de radiosidad para el tratamiento de cavidades	40
D.1 Cilindros concéntricos	40
D.2 Vacío dentro de una cavidad cuadrada	42
D.3 Media columna cuadrada con temperaturas de superficie especificadas	44
D.4 Cavidad de aire	45
Anexo E (normativo) Ejemplos de marcos de ventana para la validación de los programas de cálculo que usan el método de radiosidad para el tratamiento de cavidades	47
E.1 General	47

E.2	Figuras	47
E.3	Resultados	59
Anexo F	(normativo) Ejemplos de marcos de ventana para la validación de los programas de cálculo usando el método de conductividad térmica equivalente individual para el tratamiento de cavidades	60
F.1	General	60
F.2	Figuras	60
F.3	Resultados	71
Anexo G	(normativo) Especies de madera enlistadas en Anexo A	72
Anexo H	(informativo) Bibliografía.....	74

Figuras

Figura 1	– Tratamiento de los perfiles con extensiones (forma de Z).....	6
Figura 2	– Ejemplo esquemático para el tratamiento de los límites para las cajas de persiana enrollable	8
Figura 3	– Flujograma del método de cálculo	10
Figura 4	– Ejemplo esquemático para el tratamiento de límites y cavidad y ranuras para una sección de marco	11
Figura 5	– División de la cavidad	12
Figura 6	– Transformación de las cavidades de aire	14
Figura 7	– Dirección del flujo de calor conductivo en la cavidad.....	15
Figura 8	– Ejemplo de una red de resistencia térmica de radiación	16
Figura 9	– Definición del factor de visión entre dos superficies infinitesimales	18
Figura 10	– Ejemplos de cavidades y ranuras ligeramente ventiladas con una sección transversal pequeña	19
Figura 11	– Ejemplos de cavidades y ranuras bien ventiladas.....	20
Figura 12	– Ejemplo esquemático para el tratamiento de límites y cavidades y ranuras de una sección de marco	22
Figura 13	– División de una cavidad.....	23
Figura 14	– Cavidad rectangular	24
Figura 15	– Transformación de las cavidades de aire no rectangulares.....	26
Figura 16	– Ejemplos de cavidades y ranuras ligeramente ventiladas con una sección transversal pequeña.....	27
Figura 17	– Ejemplos de cavidades y ranuras bien ventiladas.....	28
Figura B.1	– Representación esquemática de las superficies con una resistencia de superficie incrementada debido a una transferencia de calor por radiación/convección reducida.....	33
Figura C.1	– Esquema de la sección de perfil con un panel de aislamiento instalado	35
Figura C.2	– Esquema de la sección de perfil con acristalamiento instalado.....	38
Figura C.3	– Separador metálico representativo incorporado en una IGU.....	39
Figura D.1	– Cavidad vacía entre dos cilindros concéntricos.....	40
Figura D.2	– Cavidad vacía rodeada por cuatro paredes.....	42

Figura D.3 – Media columna cuadrada con temperaturas de superficie conocidas: Datos	44
Figura D.4 – Cavity de aire rodeada por dos materiales.....	45
Figura E.1 – Sección de marco de aluminio con rotura térmica y panel de aislamiento.....	48
Figura E.2 – Sección de marco de aluminio con rotura térmica y panel de aislamiento.....	49
Figura E.3 – Sección de marco de madera revestido de aluminio y panel de aislamiento	50
Figura E.4 – Sección de marco de PVC con refuerzo de acero y panel de aislamiento	51
Figura E.5 – Sección de marco de madera y panel de aislamiento.....	52
Figura E.6 – Sección de marco de ventana de tejado y panel de aislamiento	53
Figura E.7 – Sección de marco de ventana corrediza y panel de aislamiento	54
Figura E.8 – Sección de marco fijo y panel de aislamiento.....	55
Figura E.9 – Caja de persiana enrollable.....	56
Figura E.10 – Perfil de persiana PVC.....	57
Figura E.11 – Ejemplo para la determinación de una transmitancia térmica lineal de una sección de marco de madera y de un acristalamiento con $U_g = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ con un sistema de borde de vidrio convencional.....	58
Figura F.1 – Sección de marco de aluminio con rotura térmica y panel de aislamiento	61
Figura F.2 – Sección de marco de madera revestido de aluminio y panel de aislamiento.....	62
Figura F.3 – Sección de marco de PVC con refuerzo de acero y panel de aislamiento.....	63
Figura F.4 – Sección de marco de madera y panel de aislamiento.....	64
Figura F.5 – Sección de marco de ventana de tejado y panel de aislamiento.....	65
Figura F.6 – Sección de marco de ventana corrediza y panel de aislamiento.....	66
Figura F.7 – Sección de marco fijo y panel de aislamiento	67
Figura F.8 – Caja de persiana enrollable	68
Figura F.9 – Perfil de persiana PVC	69
Figura F.10 – Ejemplo para la determinación de una transmitancia térmica lineal de una sección de marco de madera y de un acristalamiento con $U_g = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ con un sistema de borde de vidrio convencional.....	70

Tablas

Tabla 1 – Datos resultantes	5
Tabla 2 – Identificadores para las características geométricas.....	5
Tabla A.1 – Conductividades térmicas de los materiales.....	30
Tabla A.2 – Conductividad térmica de los tipos de madera.....	31
Tabla A.3 – Emisividades típicas de las superficies metálicas.....	32
Tabla B.1 – Resistencias superficiales para los perfiles (flujo de calor horizontal)	33
Tabla B.2 – Resistencia de superficie para el cálculo de las cajas de persiana enrollable.....	34
Tabla D.1 – Dimensiones de los cilindros	41
Tabla D.2 – Temperaturas de superficie conocidas.....	41
Tabla D.3 – Emisividades de superficie.....	41
Tabla D.4 – Flujo de calor por radiación desde la superficie S_2 hasta la superficie S_3	41
Tabla D.5 – Dimensiones.....	43
Tabla D.6 – Condiciones de límite de la superficie de pared externa.....	43

Tabla D.7 – Temperaturas de superficie interna.....	43
Tabla D.8 – Resultados calculados	46
Tabla E.1 – Límites	47
Tabla E.2 – Materiales	47
Tabla E.3 – Conductancia térmica L^{2D} calculada y transmitancia térmica.....	59
Tabla E.4 – Conductancia térmica L_{ψ}^{2D} calculada y transmitancia térmica lineal.....	59
Tabla F.1 – Límites	60
Tabla F.2 – Materiales	60
Tabla F.3 – Conductancia térmica L^{2D} calculada y transmitancia térmica	71
Tabla F.4 – Conductancia térmica L_{ψ}^{2D} calculada y transmitancia térmica lineal	71

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico CL034 *Especialidades de la construcción*, Subcomité SC05 *Comportamiento térmico y uso de la energía*.

Esta norma está basada en la Norma Internacional ISO 10077-2:2017, *Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 2: Numerical method for frames*.

La Nota Explicativa incluida en un recuadro en cláusula 2 Referencias normativas y en Anexo H Bibliografía, es un cambio editorial que se incluye con el propósito de informar la equivalencia de las Normas Internacionales citadas en esta norma con las Normas Chilenas.

Los Anexos A, B, C, D, E, F y G forman parte de la norma

El Anexo H no forma parte de la norma, se inserta solo a título informativo.

Esta norma reemplaza a la norma NCh3137/2:2008 *Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas - Cálculo de transmitancia térmica - Parte 2: Método numérico para marcos* y la deja no vigente técnicamente.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 24 de octubre de 2018.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas — Cálculo de la transmitancia térmica — Parte 2: Método numérico para marcos

0 Introducción

La norma ISO 10077 consiste de dos partes. Esta norma busca proveer los valores calculados de las características térmicas de los perfiles de marcos, adecuados para el uso como datos de entrada en el método de cálculo de la transmitancia térmica de ventanas, puertas y persianas dado en ISO 10077-1. Es una alternativa al método de prueba hot box especificado en EN 12412-2. En algunos casos, el método hot box se puede preferir, especialmente si los datos físicos y geométricos no están disponibles o si el perfil tiene una forma geométrica complicada.

Aunque el método descrito en esta norma básicamente se aplica a los perfiles de bastidor verticales, es una aproximación aceptable para los perfiles de bastidor horizontales (por ejemplo, secciones del alféizar y de la abertura) y para los productos usados en posiciones inclinadas (por ejemplo, ventanas de tejado). Para los cálculos hechos con las unidades de acristalamiento en su lugar, el patrón de flujo de calor y el campo de temperatura en el marco son subproductos útiles de este cálculo.

La serie de normas ISO 10077 no cubre las fachadas de los edificios y los muros cortina, los que se describen en ISO 12631.

1 Alcance y campo de aplicación

Esta norma especifica un método y provee datos de entrada referenciales para el cálculo de la transmitancia térmica de los perfiles de bastidores y de la transmitancia térmica lineal de sus uniones con paneles de acristalamiento u opacos.

El método también se puede usar para evaluar la resistencia térmica de los perfiles de persianas y las características térmicas de las cajas de persiana enrollable y de componentes similares (por ejemplo, cortinas).

Esta norma además entrega una serie de criterios para la validación de métodos numéricos utilizados para el cálculo.

Esta norma no incluye los efectos de la radiación solar, la transferencia de calor causada por filtraciones de aire o la transferencia de calor tridimensional, como las conexiones metálicas pinpoint. No se incluyen los efectos de puente térmico entre el marco y la estructura del edificio.

2 Referencias normativas

Los documentos siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

ISO 7345, *Thermal insulation - Physical quantities and definitions*.

ISO 10211, *Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations*.

ISO 10292, *Glass in building - Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing.*

ISO 10456:2007, *Building materials and products - Hygrothermal properties - Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values.*

ISO 12567-2:2005, *Thermal performance of windows and doors - Determination of thermal transmittance by hot box method - Part 2: Roof windows and other projecting Windows.*

ISO 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.*

ISO 52000-1, *Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures.*

EN 673, *Glass in building - Calculation of thermal transmittance (U-value) - Calculation Method.*

EN 12519, *Windows and pedestrian doors - Terminology.*

3 Términos y definiciones

Para el propósito de esta norma se aplican los términos y definiciones dadas en ISO 7345, EN 12519, ISO 52000-1.

La ISO y la IEC mantienen bases de datos terminológicas para su uso en la normalización en los siguientes sitios:

- Electropedia IEC: disponible en <http://www.electropedia.org/>
- Plataforma de búsqueda online ISO: disponible en <http://www.iso.org/obp>

4 Símbolos y subíndices

4.1 Símbolos

Para los propósitos de esta norma, se aplican los símbolos dados en ISO 52000-1 y los que se encuentran a continuación.

Símbolo	Nombre de la cantidad	Unidad
<i>A</i>	área	m ²
<i>b</i>	ancho, es decir, perpendicular a la dirección del flujo de calor	m
<i>d</i>	profundidad, es decir, paralela a la dirección del flujo de calor	m
<i>C</i>	constante en la fórmula para el número de Nusselt	W/(m ² ·K ^{4/3})
<i>E</i>	emisividad de la inter-superficie	—
<i>F</i>	factor de vista	—
<i>h</i>	coeficiente de transferencia de calor	W/(m ² ·K)

L^{2D}	conductancia térmica bidimensional o coeficiente de acoplamiento térmico	W/(m·K)
l	longitud	M
N_u	número de Nusselt	—
q	densidad de la tasa del flujo de calor	W/m ²
R	resistencia térmica	m ² ·K/W
r	distancia	M
T	temperatura termodinámica	K
U	transmitancia térmica	W/(m ² ·K)
σ	constante Stefan-Boltzmann	W/(m ² ·K)
ε	emisividad	—
W/(m·K)	conductividad térmica	W/(m·K)
W/(m·K)	transmitancia térmica lineal	W/(m·K)
Θ	temperatura	°C

4.2 Subíndices

Para los propósitos de esta norma se aplican los subíndices dados en ISO 52000-1 y los que se encuentran a continuación.

Subíndice	Descripción
c	convectivo (superficie a superficie)
e	externo (exterior)
g	acristalamiento
eq	equivalente
f	marco
fr	marco adyacente a la caja de persiana enrollable
i	interno (interior)
rb	Cuerpo negro de radiación
m	medio
p	panel
r	radiativo
s	espacio (espacio de aire o gas)
sb	caja de persiana
se	superficie externa
si	superficie interna

5 Método de cálculo

5.1 Resultado del método

Los resultados posibles de esta norma son los siguientes:

- La transmitancia térmica de un perfil de bastidor, U_f .
- La transmitancia térmica de una caja de persiana, U_{sb} .
- La transmitancia térmica lineal de una unión de un perfil de bastidor con un panel de acristalamiento, Ψ_g o un panel opaco, Ψ_p .

5.2 Principio general

El cálculo se lleva a cabo usando un método numérico bidimensional de acuerdo a la norma ISO 10211. Los elementos se deben dividir de tal forma que cualquier división posterior no cambie el resultado calculado de forma significativa. La norma ISO 10211 provee criterios para juzgar si se han utilizado o no las suficientes sub-divisiones.

Se proveen dos enfoques diferentes para el cálculo de la transferencia de calor por medio de cavidades:

- a) Método de radiosidad.
- b) Método de conductividad térmica equivalente individual.

El método de radiosidad considera que la transferencia de calor a través de una cavidad de aire ocurre de forma simultánea por medio de la conducción/convección y la radiación. Los dos fenómenos están ocurriendo en paralelo para que el cálculo de cada contribución se haga de manera separada.

Al usar el método de conductividad térmica equivalente individual la tasa del flujo de calor en las cavidades se representa por una conductividad térmica equivalente individual, λ_{eq} . Esta conductividad térmica equivalente incluye el flujo de calor por conducción, por convección y por radiación, y depende de la geometría de la cavidad y de los materiales adyacentes.

NOTA El método de conductividad térmica equivalente individual equivale al método de cálculo dado en ISO10077-2:2012.

Esta norma asume la orientación vertical de las secciones del marco y las cavidades de aire para los cálculos, con los propósitos de asignar valores de conductividad térmica equivalente (ver 6.4.2.3.2 y 6.4.3.4.2). Esto se aplica independientemente de la orientación prevista de la ventana real, incluyendo las ventanas de tejado.

A lo largo de esta norma, en donde esté indicando dentro del texto, se debe usar Tabla C.1 para identificar referencias regionales alternativas de acuerdo con la Política de Relevancia Global ISO.

5.3 Validación de los programas de cálculo

Para asegurar la idoneidad del programa de cálculo utilizado, los cálculos se deben realizar en los ejemplos descritos en Anexos G y H (usando el método de radiosidad) o Anexo F (usando la conductividad térmica equivalente individual).

Se deben cumplir los requisitos para todos los casos de validación en los Anexos G y H o en Anexo F.

La conductancia térmica bidimensional calculada L^{2D} para los casos en Anexo E o en Anexo F no debe diferir de los valores correspondientes dados en Tablas E.3 y E.4 o en Tablas F.3 e F.4 por más de un $\pm 3\%$. Esto conllevará a una precisión de la transmitancia térmica, U , y de la transmitancia térmica lineal, Ψ , de aproximadamente un 5%.

6 Cálculo de la transmitancia térmica

6.1 Datos resultantes

Los resultados de esta norma son coeficientes de la transferencia de calor por transmisión, como se muestra en Tabla 1.

Tabla 1 – Datos resultantes

Descripción	Símbolo	Unidad	Intervalo de validez	Variación
Transmitancia térmica del perfil de bastidor	U_f	W/(m ² ·K)	>0... 20	No
Transmitancia térmica de la caja de persiana	U_{sb}	W/(m ² ·K)	>0... 20	No
Transmitancia térmica lineal	Ψ	W/(m·K)	-20... 20	No

6.2 Intervalos de tiempo en los cálculos

Los cálculos descritos en esta norma mantienen estados constantes y no poseen intervalos de tiempo.

6.3 Datos de entrada

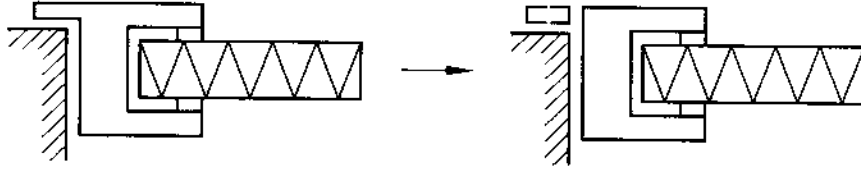
6.3.1 Características geométricas

La Tabla 2 muestra las características geométricas necesarias.

Tabla 2 – Identificadores para las características geométricas

Descripción	Símbolo	Unidad	Rango	Origen	Variación
Datos geométricos	-	-	-	-	-
Sección transversal del perfil de bastidor	-	-	-	Fabricante	No
Sección transversal de la caja de persiana	-	-	-	Fabricante	No
Sección transversal de la unión del perfil del bastidor y el acristalamiento	-	-	-	Fabricante	No
Sección transversal del perfil del bastidor y el panel	-	-	-	Fabricante	No

Para los marcos con extensiones especiales que se superpongan a la pared u a otros elementos del edificio, como los perfiles en forma de Z, se deben desechar las extensiones como se ilustra en Figura 1. Esto aplica a todos los perfiles con extensiones especiales (por ejemplo, con forma de H), en los casos en las que estas extensiones se superpongan a la pared u otros elementos del edificio. Otro tipo de límites se deben tratar como lo define Figura 4.



NOTA 1 Esta aproximación existe para la evaluación de la transmitancia térmica. No es apropiado para la evaluación del riesgo de condensación.

NOTA 2 La extensión del perfil del bastidor se desechan el cálculo de la transmitancia térmica de la ventana. Ver ISO 10077-1.

Figura 1 – Tratamiento de los perfiles con extensiones (forma de Z)

6.3.2 Valores de conductividad térmica

Para el propósito de esta norma, los valores de conductividad térmica utilizados para los materiales sólidos se deben obtener de acuerdo a una de las siguientes herramientas:

- Tabla D.1.
- Valores tabulados dados en ISO 10456.
- Normas de producto.
- Aprobaciones técnicas de un cuerpo nacional reconocido.
- Mediciones de acuerdo a una Norma Internacional apropiada.

Las mediciones se deben usar solo si no hay datos tabulados o datos de acuerdo a normas de producto relevantes o una aprobación técnica. Las mediciones se deben realizar a una temperatura media de 10 °C usando el método apropiado por un instituto acreditado (como se especifica en ISO 17025) para llevar a cabo dichas mediciones en muestras que se han acondicionado a 23 °C y a 50% de RH a masa constante (el cambio en la masa no debe ser mayor a 0,1% en 24 h.). Para asegurarse de que los valores de conductividad térmica sean representativos del material (es decir, que el valor incorpore la variabilidad probable del material y la incertidumbre de la medición), se debe usar uno de los siguientes métodos para obtener el valor de conductividad térmica a partir de los datos medidos usados en los cálculos:

- La conductividad térmica es el valor declarado obtenido a partir de los datos medidos (al menos tres muestra diferentes de lotes distintos representando la variación del producto usual, teniendo en consideración el envejecimiento), de acuerdo a la evaluación estadística como se define en ISO 10456:2007, Anexo A, 90% cuantil.
- En caso de tener menos de tres muestras, se debe usar el valor medio multiplicado por un factor de 1,25.

6.3.3 Emisividad de las superficies

Las superficies que unen una cavidad de aire deben tener una emisividad de 0,9. Los valores menores a 0,9 se pueden usar solo si se obtienen de Tabla D.3 o si los miden un instituto acreditado (como se especifica en ISO 17025) en concordancia con una norma apropiada para llevar a cabo esas mediciones. En caso de basarse en valores medidos, debe haber al menos tres muestras y los resultados se deben evaluar de acuerdo al tratado estadístico en ISO 10456.

NOTA Las superficies metálicas como los marcos de aleación de aluminio, reforzamiento de acero otros metales/aleaciones, tienen una emisividad más baja. Los valores típicos de la emisividad para las superficies metálicas se encuentran en Tabla D.3.

6.3.4 Límites generales

Las resistencias de superficie externas e internas dependen de la transferencia de calor convectivo y radiativo hacia los ambientes externos e internos. Si una superficie externa no se expone a condiciones de viento normales, la parte convectiva se puede reducir en bordes o uniones entre las dos superficies. Las resistencias de superficie para el flujo de calor horizontal se encuentran en el Anexo B. Estos valores se deben usar para los cálculos por parte de esta norma independientemente de la orientación prevista de la ventana real, incluyendo las ventanas de tejado. Se debe evaluar la condensación de superficie en base a la temperatura de superficie interna más baja, usando las resistencias de superficie del Anexo B.

El plano de corte del material de relleno y el plano de corte del material circundante se deben considerar como adiabáticos (ver Figura 4 y Anexo E).

Las condiciones de temperatura de referencia deben ser de 20 °C internamente y de 0 °C externamente.

6.3.5 Límites para las cajas de persiana enrollable

El cálculo de la transmitancia térmica de una caja de persiana enrollable se debe hacer con las siguientes condiciones de límites:

- La parte superior de la caja de persiana enrollable: adiabática.
- En la parte inferior de la caja de persiana enrollable en donde colinda con el marco de la ventana: adiabática para una distancia de 60 mm.
- Superficies adyacentes al ambiente interno: resistencia de superficie de 0,13 m²·K/W.
- Superficies adyacentes al ambiente externo: resistencia de superficie de 0,04 m²·K/W.

La cavidad dentro la caja de persiana enrollable se debe tratar como (ver Figura 2):

- Si $e_1 + e_3 \leq 2$ mm: sin ventilar, la conductividad térmica equivalente de una cavidad de aire sin ventilar se calcula de acuerdo a 6.4.2.3.

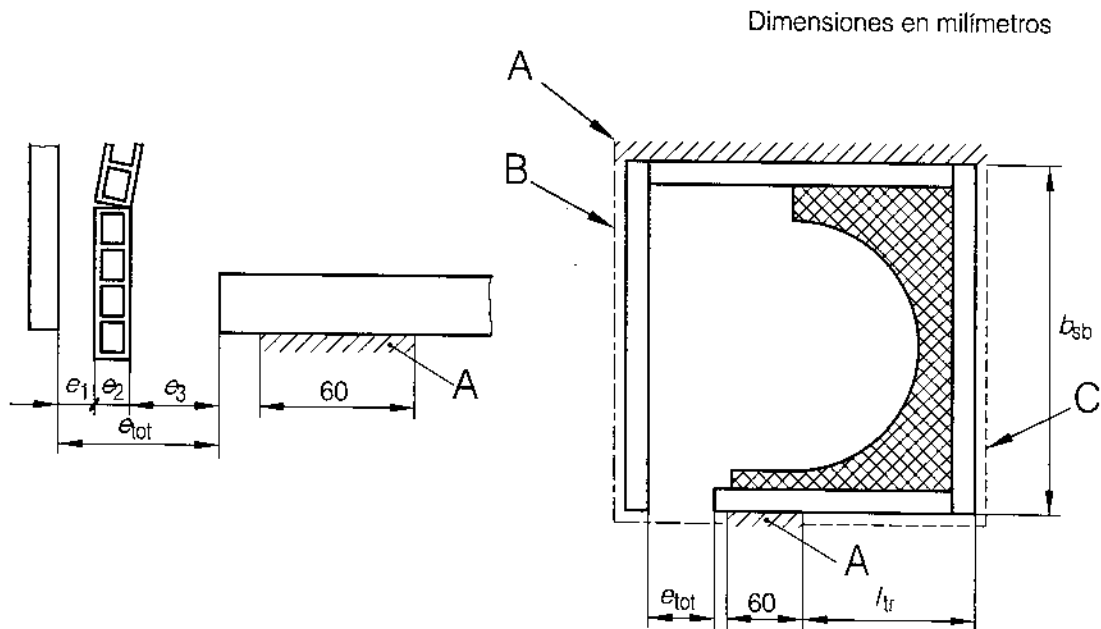
NOTA Se pueden considerar herramientas adicionales como brochas, tapones, etc., para determinar e_1 y e_3 .

- Si $e_{tot} \leq 35$ mm: ligeramente ventilada, considerando la temperatura del aire dentro de la cavidad como equivalente a la temperatura del aire externa pero con una resistencia de superficie de 0,30 m²·K/W.

- Si $e_{tot} > 35$ mm: bien ventilada, considerando la temperatura del aire dentro de la cavidad como equivalente a la temperatura del aire externa pero con una resistencia de superficie de $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

La altura relevante de la caja de persiana enrollable, b_{sb} , usada para el cálculo es la distancia proyectada entre el límite superior y el límite inferior adiabáticos (ver Figura 2).

La evaluación se puede hacer con aislación en cualquier o ambos límites B y C, indicados en Figura 2. De ser así el caso, el grosor y la conductividad térmica de la aislación se deben determinar en el informe de cálculo.



Límites (ver Anexo B)

- A Límite adiabático
- B Resistencia de superficie externa
- C Resistencia de superficie interna
- b_{sb} Altura de la caja de persiana enrollable
- e_1, e_3 Ancho de las brechas de aire en cualquier lado de la persiana en donde salen desde la caja de persiana
- e_2 Grosor de la persiana
- $e_{tot} = e_1 + e_2 + e_3$
- l_{tr} Posición del marco

NOTA El marco de la ventana (límite A) tiene un ancho de 60 mm, pero ubicado con respecto a la caja de persiana enrollable a la situación real.

Figura 2 – Ejemplo esquemático para el tratamiento de los límites para las cajas de persiana enrollable

6.4 Procedimientos de cálculo

6.4.1 Determinación de la transmitancia térmica

La transmitancia térmica de una sección del marco se debe determinar con el acristalamiento reemplazado por un panel aislante de acuerdo a Anexo B, con las resistencias de superficie externa e interna obtenidas del Anexo B. La transmitancia térmica lineal de la interacción del marco y del acristalamiento se debe determinar a partir de los cálculos con el acristalamiento en su lugar y con el acristalamiento reemplazado por un panel aislado.

NOTA 1 La interacción entre el marco y la estructura del edificio se considera por separado del edificio como un todo. No es parte de la transmitancia de la sección de marco.

NOTA 2 En el caso de una superposición entre la sección de marco y parte de la pared, la transmitancia térmica lineal podría ser negativa.

6.4.2 Tratamiento de las cavidades usando el método de radiosidad

6.4.2.1 General

La transferencia de calor por medio de una cavidad de aire ocurre simultáneamente por medio de convección y radiación. Los dos fenómenos ocurren en paralelo para que se pueda hacer el cálculo de cada contribución de forma separada.

El cálculo de la transferencia de calor convectivo se lleva a cabo usando una conductividad térmica equivalente y siguiendo las reglas expuestas en 6.4.2.3.2. Dado que la fórmula de la conductividad térmica equivalente se aplica a las cavidades rectangulares con el flujo de calor convectivo en paralelo a la profundidad de la cavidad únicamente, las cavidades no rectangulares o rectangulares con el flujo de calor convectivo no paralelo a la profundidad de la cavidad se deben transformar primero en cavidades rectangulares equivalentes, orientadas correctamente con respecto a la dirección del flujo de calor convectivo.

El cálculo de la transferencia de calor radiativo se lleva a cabo para la geometría real de las cavidades (pero luego de aplicar la regla de subdivisión para las cavidades interconectadas, ver 6.4.2.3.1), usando un método de radiosidad basado en el factor de visión, como se explica en 6.4.2.3.3.

Ambos cálculos, el de transferencia de calor convectivo y el de transferencia de calor radiativo, dependen de la temperatura misma (cálculos no lineales). De esta forma, se debe adoptar un procedimiento de cálculo iterativo del flujo de calor.

La Figura 3 muestra el flujograma de la metodología general.

NOTA 1 En contraste a otras normas y al punto 6.4.3, la conductividad térmica equivalente aquí incluye solo el efecto de la transferencia de calor convectivo (la transferencia de calor radiativo se considera de forma separada).

NOTA 2 Los términos "transferencia de calor convectivo" y "flujo de calor convectivo" se usan.

Datos de entrada		
Identificación de las cavidades de aire sin ventilar, ligeramente ventiladas y bien ventiladas		
Imposición de las condiciones de límites		
Subdivisión de las cavidades sin ventilar		
Determinación de la dirección del flujo de calor convectivo en cada cavidad	Cálculo de la transferencia de calor radiativo en las cavidades sin ventilar (método de radiosidad)	Cálculo de la transferencia de calor conductivo en materiales sólidos
Determinación de las cavidades rectangulares equivalentes		
Cálculo de las conductividades térmicas equivalentes		
Cálculo de la transferencia de calor convectivo en las cavidades sin ventilar		
Cálculo del flujo de calor y el campo de temperatura en el perfil		
NO	¿Convergencia?	
SÍ		
Resultado		

Figura 3 – Flujograma del método de cálculo

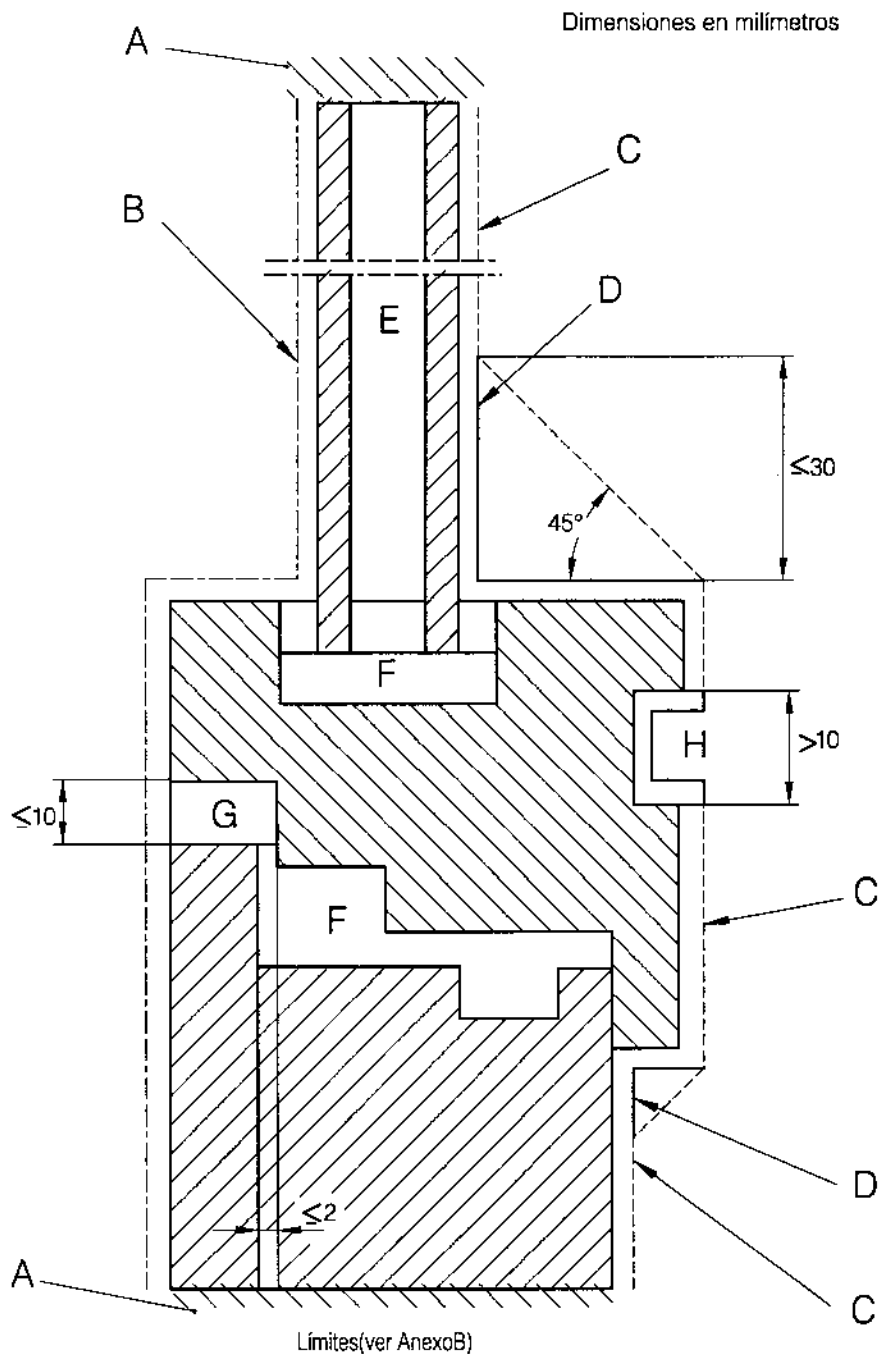
6.4.2.2 Cavidades en el acristalamiento

La conductividad térmica equivalente de un espacio sin ventilar entre los planos de cristal en el acristalamiento se debe determinar de acuerdo a ISO 10292 (o ver el Tema 1 en Tabla C.1). La conductividad equivalente resultante se debe usar en la cavidad completa, hasta el borde.

6.4.2.3 Cavidades sin ventilar en marcos y cajas de persiana enrollable

6.4.2.3.1 Definición

Las cavidades de aire se encuentran sin ventilar si están completamente cerradas o conectadas ya sea al exterior o al interior por medio de una hendidura con un ancho no superior a 2 mm (ver Figuras 4 y 5). Esto se aplica independientemente de la orientación de la cavidad con respecto a la dirección del flujo de calor. De otra forma, la cavidad se debe tratar como si esta estuviese ventilada o ligeramente ventilada (ver 6.4.2.4).

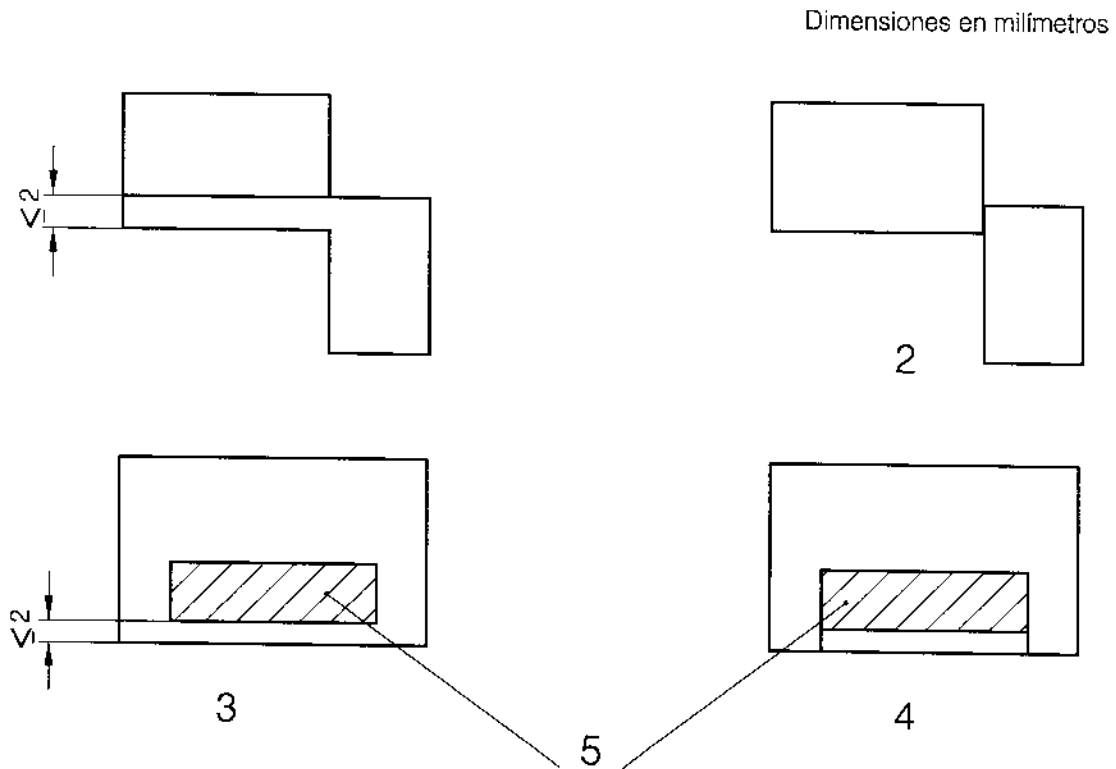


- | | |
|---------------------------------------|---|
| A Límite adiabático | E Acristalamiento (ver 6.4.2.2.) |
| B Resistencia de superficie externa | F Cavity sin ventilar (ver 6.4.2.3) |
| C Resistencia de superficie interna | G Cavity o ranura ligeramente ventilada (ver 6.4.2.4.1) |
| D Resistencia de superficie aumentada | H Cavity o ranura bien ventilada (ver 6.4.2.4.2) |

NOTA La Figura 4 ilustra una ventana. Se aplican los mismos principios a las ventanas de tejado, pero la parte adiabática del límite es diferente. En Figura E.6 se muestra un ejemplo de una ventana de tejado.

Figura 4 – Ejemplo esquemático para el tratamiento de límites y cavity y ranuras para una sección de marco

Las cavidades con una dimensión que no excede los 2,0 mm o las cavidades con una interconexión que no excede los 2,0 mm se deben considerar de forma separada, ver Figura 5.



- 1 Cavidades conectadas por una sección menos o equivalente a 2,0 mm
- 2 Las cavidades en 1 se tratan como cavidades separadas
- 3 Una cavidad pequeña con un ancho menor o equivalente a 2,0 mm
- 4 La cavidad en 3 se trata como cavidades separadas
- 5 Material sólido

Figura 5 – División de la cavidad

6.4.2.3.2 Transferencia de calor convectivo en cavidades de aire sin ventilar

Para calcular la transferencia de calor convectivo en una cavidad se usa una conductividad térmica equivalente. Su valor es dado en Fórmula (1):

$$\lambda_{eq} = \lambda_{air} \cdot Nu \quad (1)$$

en que:

λ_{air} = es la conductividad térmica del aire = 0,025 W/(m·K);

Nu = es el número de Nusselt.

El número de Nusselt se calcula de la siguiente forma:

Si $b < 5$ mm: $Un = 1$

de otra forma:

$$Nu = \max \left[1, \frac{dC\Delta T^{1/3}}{\lambda_{air}} \right] \quad (2)$$

en que:

- b = es el ancho de la cavidad rectangular equivalente perpendicular a la dirección del flujo de calor, en m (ver también Figura 6).
- d = es la profundidad de la cavidad rectangular equivalente en la dirección del flujo de calor, en (ver también Figura 6).
- C = es una constante equivalente a $0,73 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^{4/3})$.
- ΔT = es la diferencia de temperatura de superficie máxima en la cavidad real, en K.

Ya que ΔT es inicialmente desconocido, el cálculo de la transferencia de calor convectivo es iterativo. Se puede considerar una diferencia de temperatura de 10 K para la primera iteración.

Para calcular la transferencia de calor convectivo en cavidades no rectangulares o en cavidades rectangulares con el flujo de calor convectivo no paralelo a la profundidad de la cavidad, estas cavidades primero se transforman en cavidades rectangulares equivalentes.

Las cavidades de aire se transforman en cavidades de aire rectangulares equivalentes con la misma área ($A = A'$) y relación de aspecto ($d/b = d'/b'$), ver Figura 6.

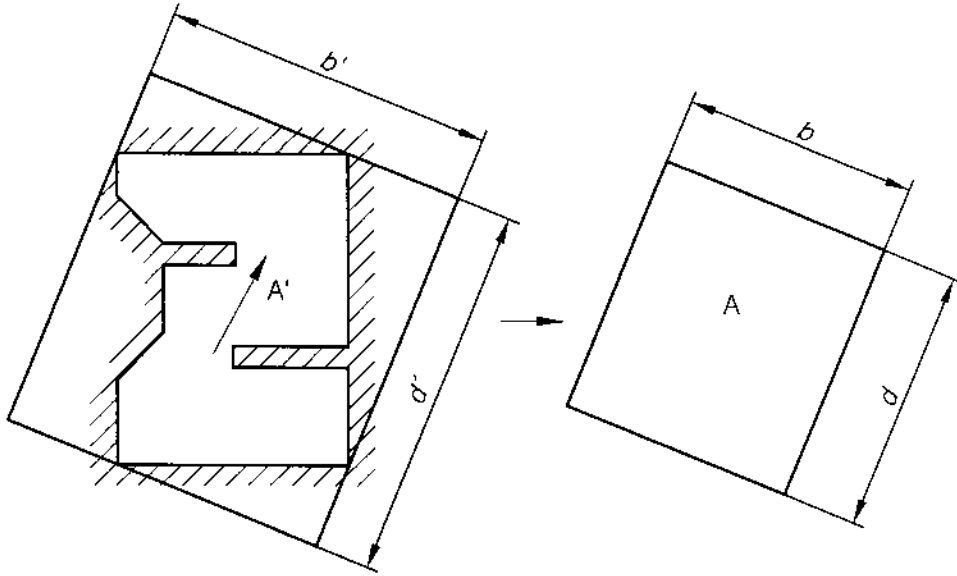
La transformación se da en Fórmulas (3) y (4):

$$b = \sqrt{A' \frac{b'}{d'}} \quad (3)$$

$$d = \sqrt{A' \frac{d'}{b'}} \quad (4)$$

El cálculo de las dimensiones de la cavidad rectangular equivalente requiere la determinación de la dirección del flujo de calor convectivo.

La dirección del flujo de calor convectivo en la cavidad es una dirección en el plano transversal de la sección de marco, correspondiente a la dirección principal del flujo de calor convectivo en la cavidad.



- A Área de la cavidad de aire rectangular equivalente
- a, b Profundidad y ancho de la cavidad de aire equivalente
- A' Área de la cavidad real
- a', b' Profundidad y ancho del rectángulo que circunscribe con en paralelo a la dirección del flujo de calor convectivo

Figura 6 – Transformación de las cavidades de aire

Desde una distribución de temperatura conocida en la cavidad, como se muestra en Figura 7, la dirección del flujo de calor convectivo equivale a la dirección del vector \bar{q}_m , calculado de acuerdo a Fórmula (5):

$$\bar{q}_m = \frac{\int_A \bar{q} dA}{A} = \frac{\int_A -\lambda_{eq} gradT dA}{A} \quad (5)$$

en que:

\bar{q}_m = es la densidad media del flujo de calor, en W/m^2

\bar{q} = es la densidad local del flujo de calor, en W/m^2

A = es el área transversal de la cavidad, en m^2

λ_{eq} = es la conductividad térmica equivalente de la cavidad, en $W/(m \cdot K)$

$gradT$ = es la gradiente de temperatura del gas dentro de la cavidad, en K/m

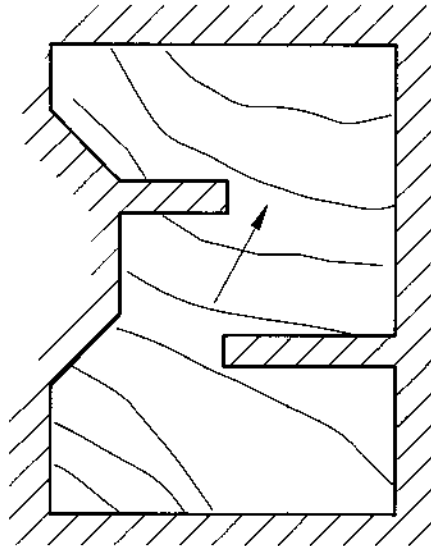


Figura 7 – Dirección del flujo de calor conductivo en la cavidad

Puesto que inicialmente no se conoce el campo de temperatura y, por lo tanto, tampoco la dirección del flujo de calor convectivo, el cálculo de la transferencia de calor convectivo es iterativo.

6.4.2.3.3 Intercambio de calor radiativo

El intercambio de calor radiativo entre las superficies elementales alrededor de la cavidad de aire (resultante de la malla usada por el método numérico) se debe calcular usando el método de radiosidad. El método de radiosidad asume que las superficies elementales isotérmicas se caracterizarán por una radiosidad e irradiancia uniformes. Se asume que las superficies tendrán un comportamiento de superficie opaco, difuso y gris. El aire dentro de la cavidad se considera no participante (es decir, el gas no absorbe la radiación).

NOTA 1 Las definiciones de los términos radiosidad, irradiancia, opaco, difuso y gris se encuentran en ISO 9288.

El intercambio de calor radiativo, de acuerdo al método de radiosidad, se puede representar por medio de una red de resistencia térmica como se muestra, por ejemplo, en Figura 8.

NOTA 2 Solo ocurren cuatro superficies elementales en la res mostrada. En las cavidades reales ocurrirán superficies elementales múltiples.

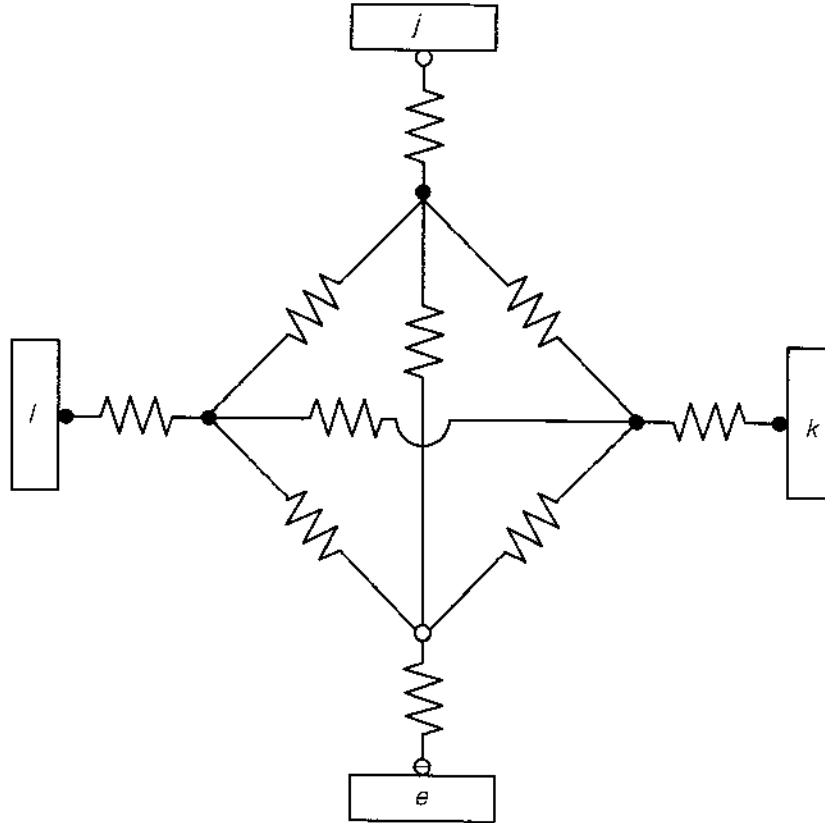


Figura 8 – Ejemplo de una red de resistencia térmica de radiación

La red se especifica de la siguiente forma:

- En el nodo de superficie i , se aplica la temperatura T_{si} .
- El nodo adyacente al nodo de superficie i (llamado nodo de superficie negro i) tiene una temperatura T_{sbi} .
- El flujo de calor radiativo entre dos nodos de superficie negros i y j se define en Fórmulas (6), (7) y (8):

$$Q_{ij} = \frac{A_i (T_{sbi} - T_{sbj})}{R_{ij}} \quad (6)$$

$$R_{ij} = \frac{1}{F_{ij} h_{rb,ij}} \quad (7)$$

$$h_{rb,ij} = \sigma (T_{sbi}^2 + T_{sbj}^2) (T_{sbi} + T_{sbj}) \quad (8)$$

en que:

A_i = es el área de la superficie elemental i, en m²;

F_{ij} = es el factor de vista de la superficie i a la superficie j;

$h_{rb,ij}$ = es el coeficiente de transferencia de calor de radiación negro entre el nodo de superficie i y el nodo de superficie j;

j , = en W/(m²·K);

σ = es la constante de Stefan-Boltzmann equivalente a $5,67 \times 10^{-8}$ W/(m²·K⁴);

T_{sbi} = es la temperatura absoluta del nodo de superficie negro i, en K;

T_{sbj} = es la temperatura absoluta del nodo de superficie negro j, en K;

El flujo de calor radiativo entre un nodo de superficie negro i y un nodo de superficie i se define en Fórmulas (9), (10) y (11):

$$Q_i = \frac{A_i (T_{sbi} - T_{si})}{R_i} \quad (9)$$

$$R_i = \frac{1 - \epsilon_i}{\epsilon_i h_{rbi}} \quad (10)$$

$$h_{rbi} = \sigma (T_{sbi}^2 + T_{si}^2) (T_{sbi} + T_{si}) \quad (11)$$

en que:

A_i = es el área de la superficie elemental i, en m²;

ϵ_i = es la emisividad hemisférica total de la superficie i;

h_{rbi} = es el coeficiente de transferencia de calor de radiación negro entre el nodo de superficie i y el nodo de superficie negro i, en W/(m²·K);

σ = es la constante de Stefan-Boltzmann equivalente a $5,67 \times 10^{-8}$ W/(m²·K⁴);

T_{si} = es la temperatura absoluta del nodo de superficie i, en K;

T_{sbi} = es la temperatura absoluta del nodo de superficie negro i, en K.

El factor de vista entre las dos superficies infinitesimales dA_1 y dA_2 se define en Fórmula (12):

$$F_{dA_1 \rightarrow dA_2} = \frac{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 dA_2}{\pi r^2} \quad (12)$$

en que:

φ_1 = es el ángulo entre la línea que conecta las dos superficies infinitesimales y la normal de la superficie dA_1

φ_2 = es el ángulo entre la línea que conecta las dos superficies infinitesimales y la normal de la superficie dA_2

r = es la distancia entre las dos superficies infinitesimales

φ_1 , φ_2 y r = se muestran en Figura 9.

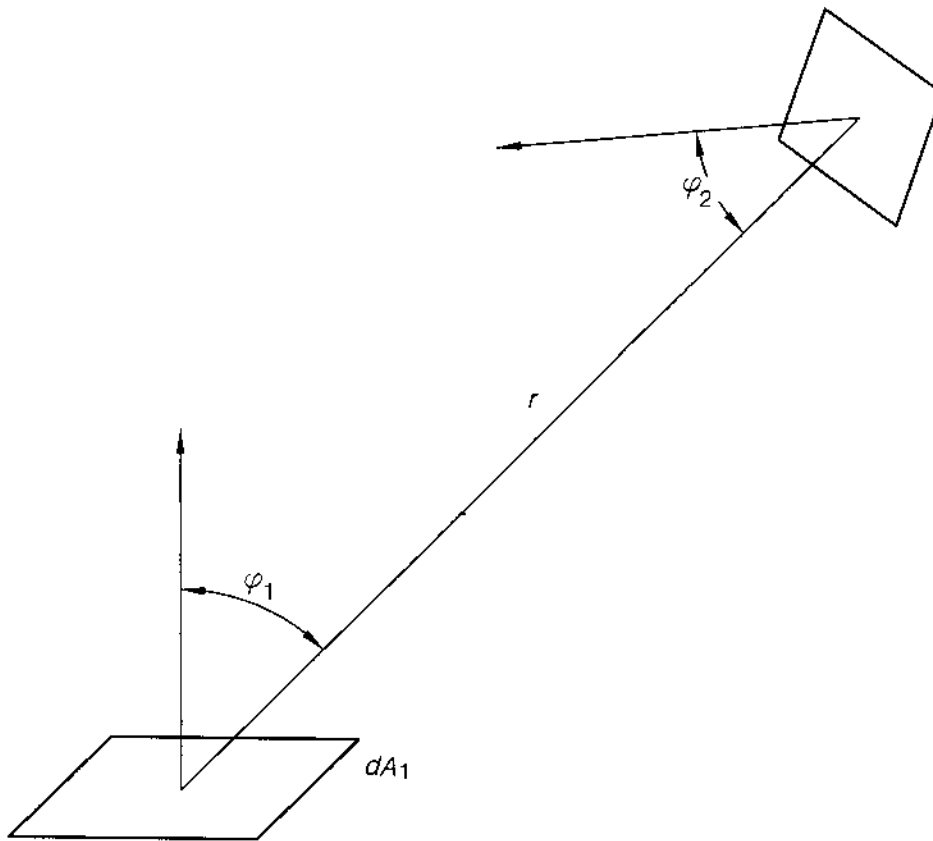


Figura 9 – Definición del factor de visión entre dos superficies infinitesimales

El factor de visión entre las superficies elementales A_i y A_j se obtiene por integración. Ver Fórmula (13):

$$F_{ij} = \frac{1}{A_i} \int_{A_i} \int_{A_j} \frac{\cos \varphi_i \cos \varphi_j}{\pi r^2} dA_i dA_j \quad (13)$$

El cálculo de los factores de visión debe considerar los efectos de sombreado o bloqueo de las superficies que intervienen.

Ya que las resistencias de red dependen de las temperaturas de nodo, el cálculo del intercambio de radiación es iterativo.

Pueden ocurrir pequeñas aberturas en la superficie de las cavidades (debido a ranuras o interconexiones con un ancho que no excede los 2 mm, ver 6.4.2.3.1). Estas pequeñas aberturas se pueden tratar como una superficie con emisividad cero.

En el caso de una cavidad con un límite adiabático, este límite se puede tratar como una superficie con emisividad cero.

6.4.2.4 Cavidad y ranuras de aire ventiladas

6.4.2.4.1 Cavidades y ranuras ligeramente ventiladas con una sección transversal pequeña

Se deben considerar como cavidades de aire ligeramente ventiladas las ranuras con secciones transversales pequeñas (ver Figura 10) en las superficies externas o internas de los perfiles y cavidades conectadas al aire externo o interno por medio de una hendidura mayor a 2 mm, pero que no excede los 10 mm. En este caso, se asume que la superficie completa está expuesta al ambiente y que se debe usar una resistencia de superficie $R_s = 0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en la superficie desarrollada, ver Figura 10. Se pueden considerar herramientas adicionales como brochas, tapones, etc., para la determinación de b .

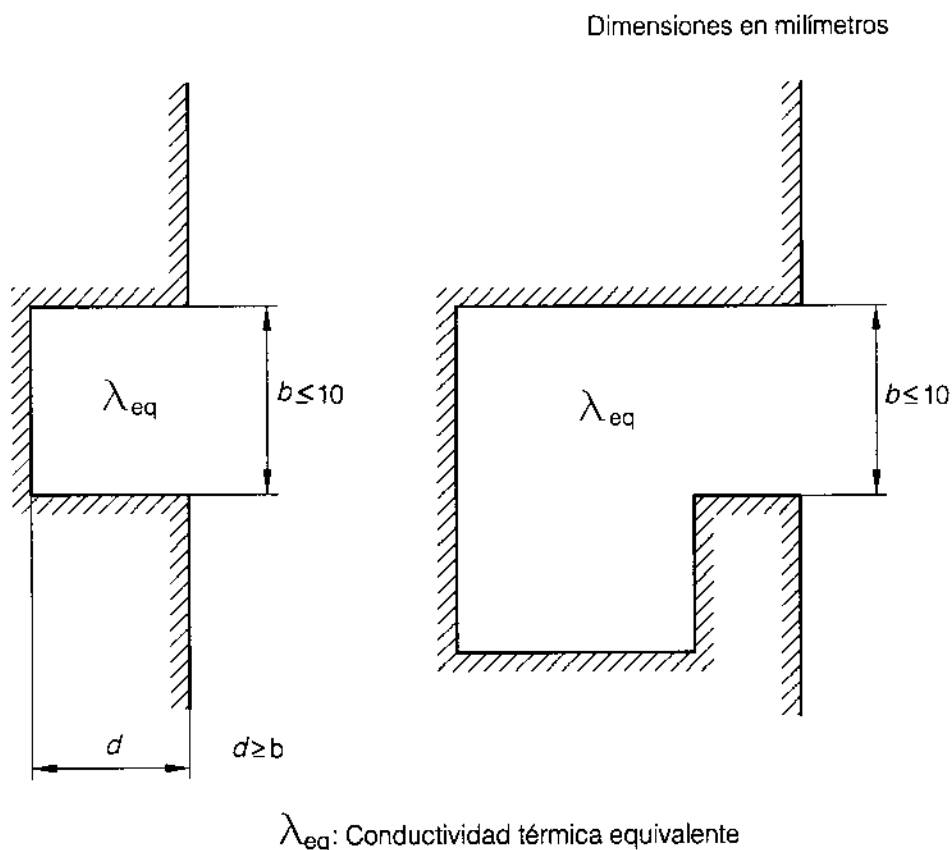


Figura 10 – Ejemplos de cavidades y ranuras ligeramente ventiladas con una sección transversal pequeña

6.4.2.4.2 Cavidades y ranuras bien ventiladas con una sección transversal grande

En los casos no cubiertos por los puntos 6.4.2.3 y 6.4.2.4.1, particularmente cuando el ancho de b en una ranura o el de una hendidura que conecta una cavidad al ambiente excede los 10 mm, se asume que toda la superficie está expuesta al ambiente. De esta forma, la resistencia de superficie R_{sj} o R_{se} , de acuerdo a 6.3.4, se debe usar en la superficie desarrollada, ver Figura 11. Se pueden considerar herramientas adicionales como brochas, tapones, etc., para la determinación de b .

En el caso de una cavidad grande conectada por una sola hendidura y una superficie desarrollada que excede el ancho de la hendidura por un factor de 10, se debe usar la resistencia de superficie con radiación reducida (ver Anexo B).

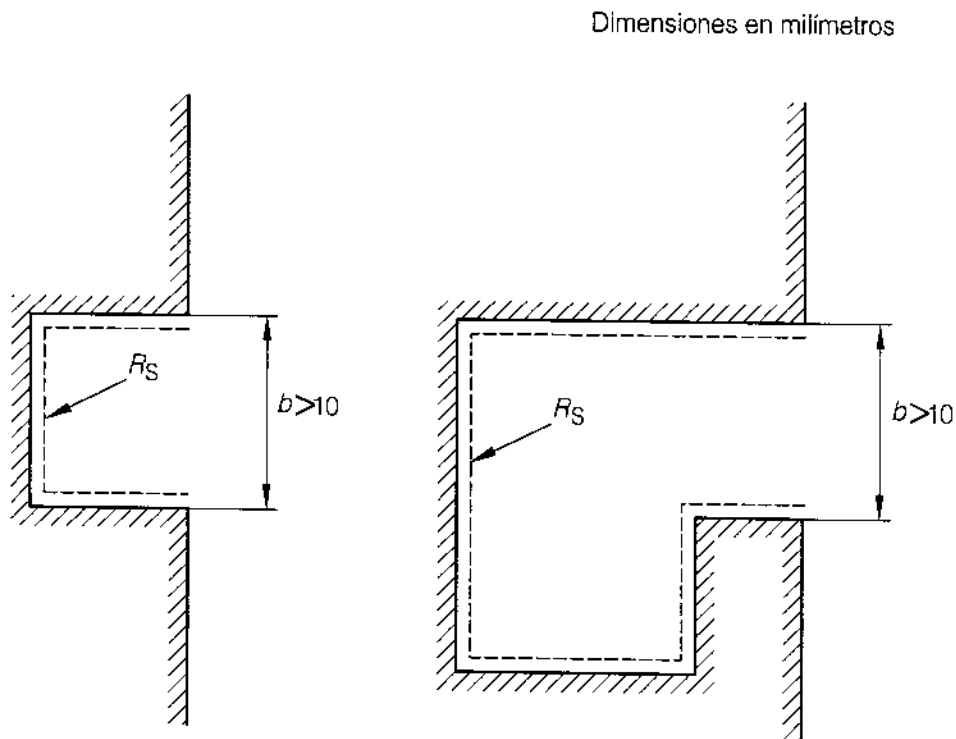


Figura 11 – Ejemplos de cavidades y ranuras bien ventiladas

6.4.3 Tratamiento de las cavidades usando el método de conductividad térmica equivalente individual

6.4.3.1 General

La tasa del flujo de calor en las cavidades se debe representar por medio de una conductividad térmica equivalente individual, λ_{eq} . Esta conductividad térmica equivalente incluye el flujo de calor por conducción, por convección y por radiación, y depende de la geometría de la cavidad y de los materiales adyacentes.

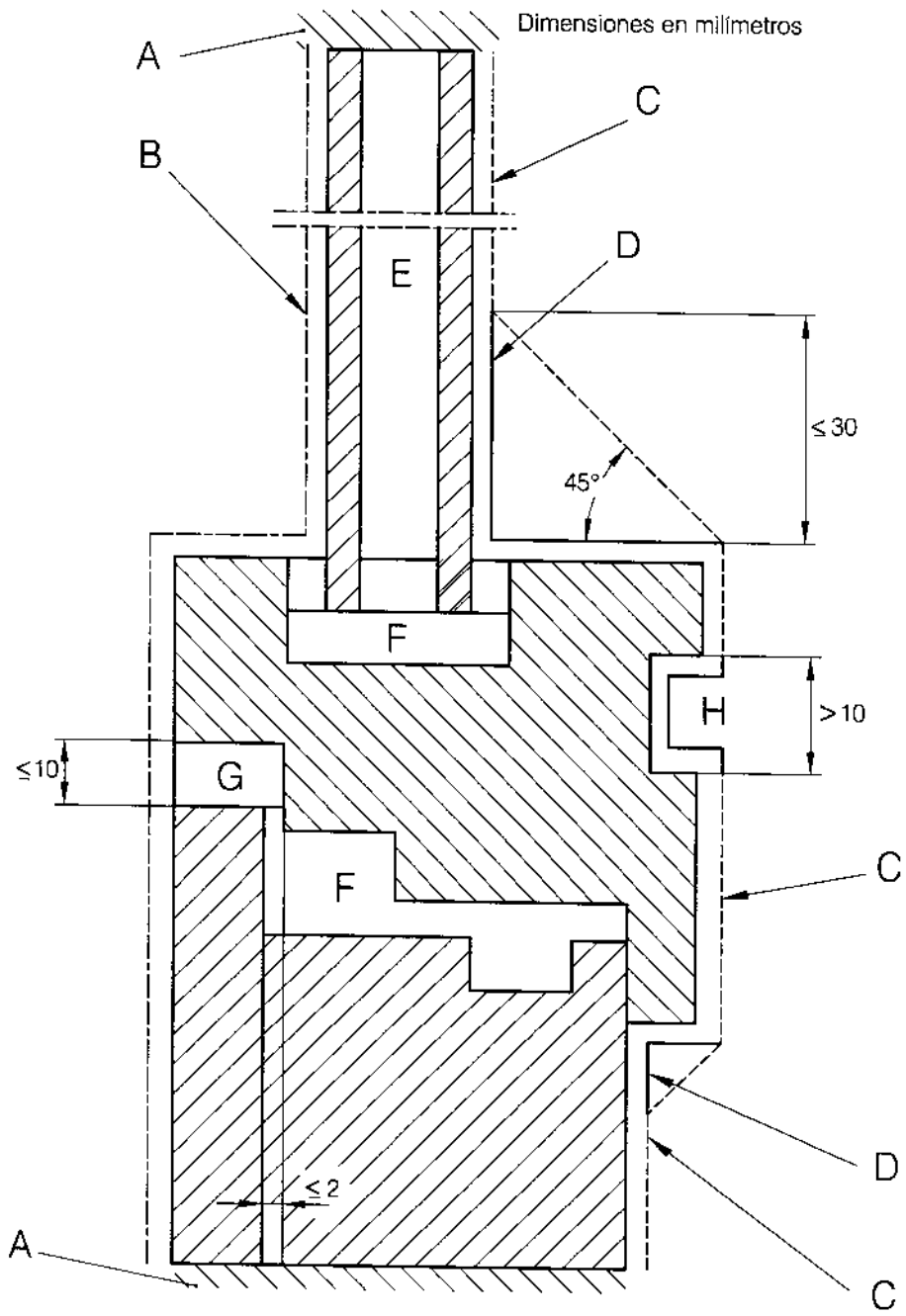
6.4.3.2 Cavidades en el acristalamiento

La conductividad térmica equivalente de un espacio sin ventilar entre las hojas de vidrio en un acristalamiento se debe determinar de acuerdo a la norma ISO 10292 (o se debe revisar el Tema 1 en Tabla C.1). Se debe usar la conductividad equivalente resultante en toda la cavidad, hasta el borde.

6.4.3.3 Cavidades de aire sin ventilar en los marcos y en las cajas de persiana enrollable

6.4.3.3.1 Definición

Las cavidades de aire se encuentran sin ventilar si están completamente cerradas o conectadas ya sea al exterior o al interior por medio de una hendidura con un ancho que no excede los 2 mm (ver Figuras 12 y 13). Esto se aplica independiente de la orientación de la cavidad con respecto a la dirección del flujo de calor. De otro modo, la cavidad se debe tratar como ventilada o ligeramente ventilada (ver 6.4.3.6).



Límites(ver AnexoB)

- | | |
|---------------------------------------|---|
| A Límite adiabático | E Acristalamiento (ver 6.4.3.2.) |
| B Resistencia de superficie externa | F Cavity sin ventilar (ver 6.4.3.3) |
| C Resistencia de superficie interna | G Cavity o ranura ligeramente ventilada (ver 6.4.3.4.1) |
| D Resistencia de superficie aumentada | H Cavity o ranura bien ventilada (ver 6.4.3.4.2) |

Figura 12 – Ejemplo esquemático para el tratamiento de límites y cavidades y ranuras de una sección de marco

NOTA La Figura 12 ilustra una ventana. Se aplican los mismos principios a las ventanas de tejado, pero la parte adiabática del límite es diferente. En Figura E.6 se muestra un ejemplo de una ventana de tejado

Las cavidades con una dimensión que no excede los 2,0 mm o las cavidades con una interconexión que no excede los 2,0 mm se deben considerar por separado. Ver Figura 13.

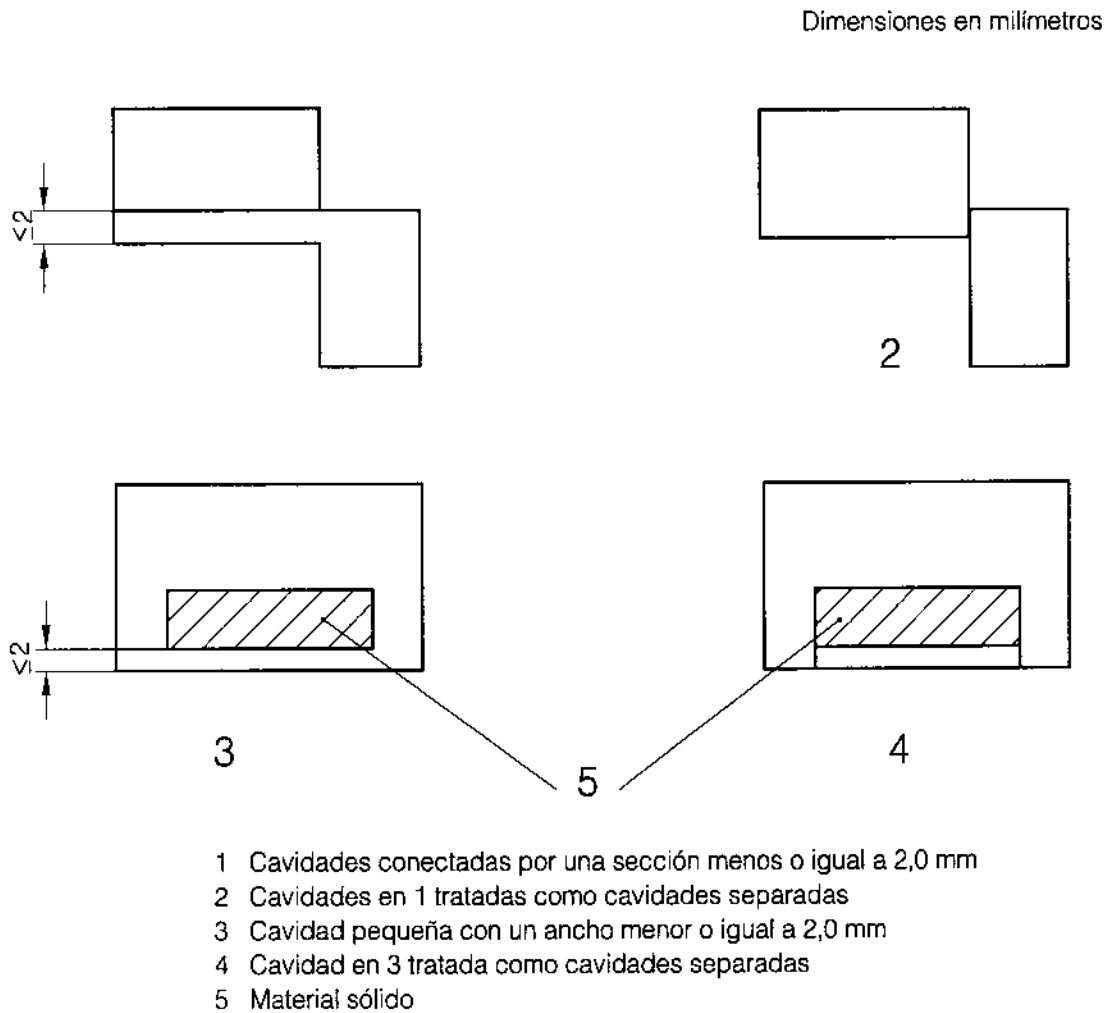


Figura 13 – División de una cavidad

6.4.3.4 Cavidades de aire rectangulares sin ventilar

6.4.3.4.1 Conductividad térmica equivalente

La conductividad térmica equivalente, λ_{eq} , de la cavidad en dirección 1 (ver Figura 14) se obtiene a partir de Fórmula (14):

$$\lambda_{eq} = \frac{d}{R_s} \quad (14)$$

en que:

d = es la dimensión de la cavidad en la dirección del flujo de calor (ver Figura 14);

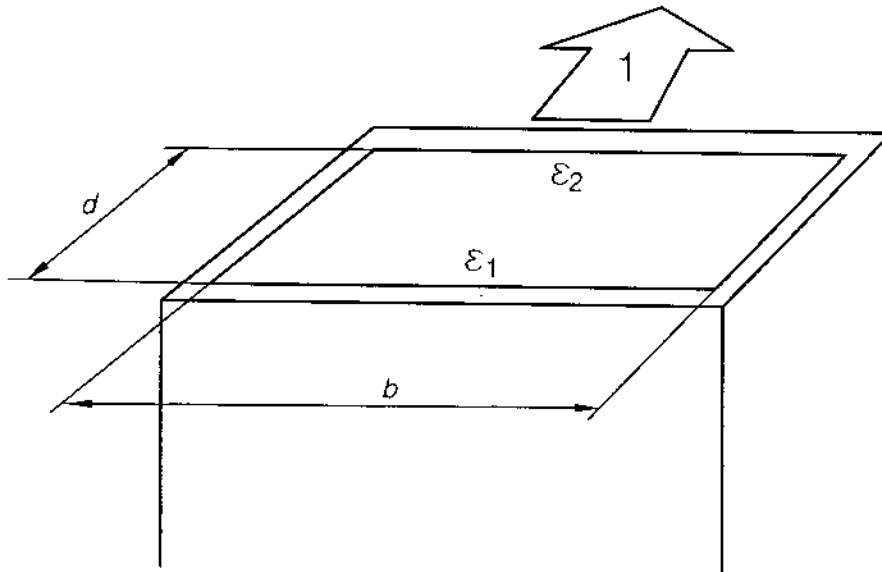
R_s = es la resistencia térmica de la cavidad, dada por Fórmula (15):

$$R_s = \frac{1}{h_c + h_r} \quad (15)$$

en que:

h_c = es el coeficiente de transferencia de calor convectivo;

h_r = es el coeficiente de transferencia de calor radiativo.



- 1 Dirección del flujo de calor
- b Dimensión perpendicular a la dirección del flujo de calor
- d Dimensión de la cavidad en la dirección del flujo de calor
- $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ Emisividades de las superficies

Figura 14 – Cavidad rectangular

6.4.3.4.2 Coeficiente de transferencia de calor convectivo

El coeficiente de transferencia de calor convectivo, h_c , es

si $b > 5$ mm,

$$h_c = \frac{C_1}{d} \quad (16)$$

en que:

$$C_1 = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

de otra forma

$$h_c = \text{máx.} \left\{ \frac{C_1}{d}; C_2 \Delta T^{1/3} \right\} \quad (17)$$

en que:

$$C_1 = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$C_2 = 0,73 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K}^{4/3})$$

ΔT = es la diferencia de temperatura de superficie máxima en la cavidad

Si no hay más información disponible, se debe usar $\Delta T = 10 \text{ K}$ para lo cual

$$h_c = \text{máx.} \left\{ \frac{C_1}{d}; C_3 \right\} \quad (18)$$

en que:

$$C_1 = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$C_3 = 1,57 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

6.4.3.4.3 Coeficiente de transferencia de calor radiativo

$$h_r = 4\sigma T_m^3 E F \quad (19)$$

en que:

σ = es la constante de Stefan-Boltzmann equivalente a $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K}^4)$

E = es la emitancia de inter superficie equivalente a $\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1}$

F = es el factor de visión para una sección rectangular equivalente a $\frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + (d/b)^2} - d/b \right)$

ε_1 y ε_2 = son las emisividades de las superficies indicadas en Figura 14.

Los valores de las emisividades se deberían dar en dos lugares decimales. Si no hay más información disponible, se debe usar $\varepsilon_1 = 0,90$ y $\varepsilon_2 = 0,90$.

Si no hay más información disponible, se debe usar $T_m = 283 \text{ K}$ para lo cual

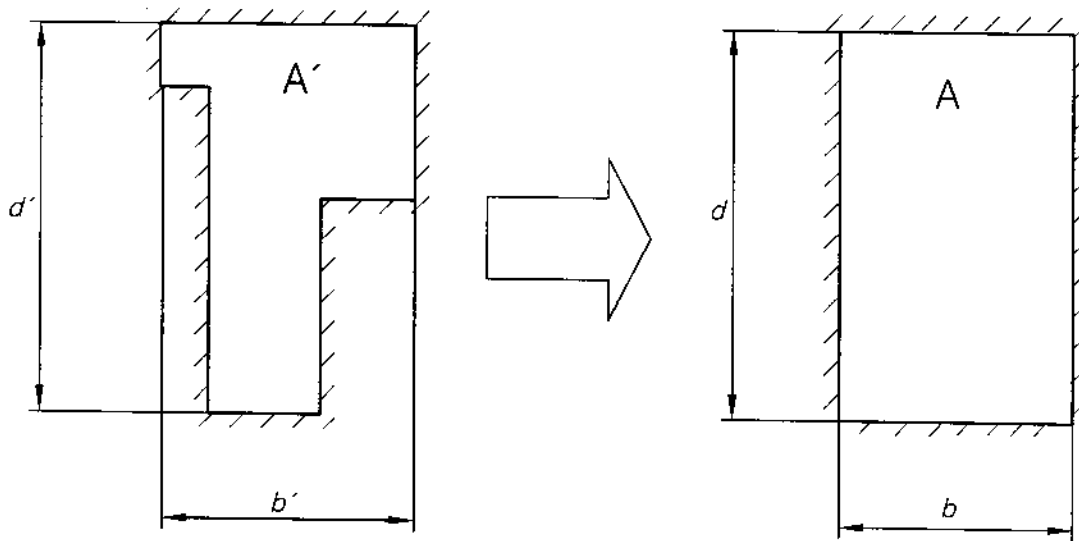
$$h_r = C_4 \left(1 + \sqrt{1 + (d/b)^2} - d/b \right)$$

en que:

$$C_4 = 2,11 \text{ W/(m}^2\text{K)}.$$

6.4.3.5 Cavidades de aire no rectangulares sin ventilar

Las cavidades de aire no rectangulares (en forma de T, en forma de L, etc.) se transforman en cavidades de aire rectangulares con la misma área ($A = A'$) y relación de aspecto ($d/b = d'/b'$) (ver Figura 15) y luego se aplica el punto 6.4.3.



- A Área de la cavidad de aire rectangular equivalente
- d, b Profundidad y ancho de la cavidad de aire equivalente
- A' Área de la cavidad real
- d', b' Profundidad y ancho del rectángulo más pequeño que se circunscribe

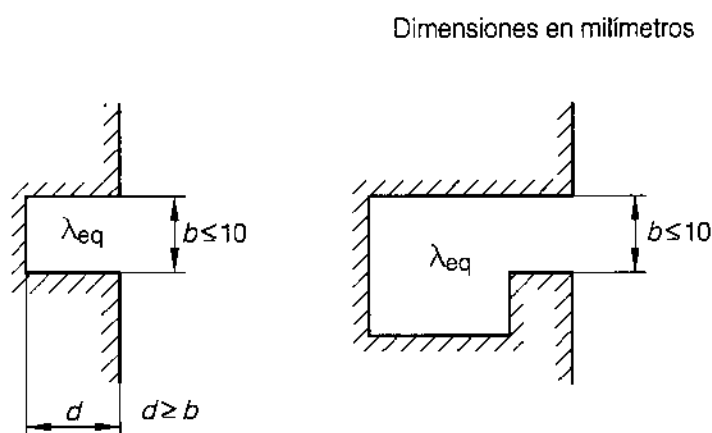
Figura 15 – Transformación de las cavidades de aire no rectangulares

La transformación se obtiene de Fórmulas (3) y (4).

6.4.3.6 Cavidades y ranuras de aire ventiladas

6.4.3.6.1 Cavidades y ranuras ligeramente ventiladas con una sección transversal pequeña

Se deben considerar como cavidades ligeramente ventiladas las ranuras con secciones transversales pequeñas (ver Figura 16) en las superficies externas o internas de los perfiles y las cavidades conectadas al aire externo o interno por medio de una hendidura mayor a 2 mm, pero que no excedan los 10 mm. La conductividad equivalente es el doble de aquella de una cavidad de aire sin ventilar del mismo tamaño, de acuerdo al punto 6.4.3.3. Se pueden considerar herramientas adicionales como brochas, tapones, etc., para la determinación de b .



λ_{eq} : Conductividad térmica equivalente

Figura 16 – Ejemplos de cavidades y ranuras ligeramente ventiladas con una sección transversal pequeña

6.4.3.6.2 Cavidades y ranuras bien ventiladas con una sección transversal grande

En los casos no cubiertos por 6.4.3.3 y 6.4.3.6.1, en particular cuando el ancho b de una ranura o de una hendidura que conecta una cavidad al ambiente excede los 10 mm, se asume que toda la superficie está expuesta al ambiente. Por lo tanto, la resistencia de superficie R_{si} o R_{se} de acuerdo a 6.3.4 se debe usar en la superficie desarrollada, ver Figura 17. Se pueden considerar herramientas adicionales como brochas, tapones, etc., para la determinación de b .

En el caso de una cavidad grande conectada por medio de una sola hendidura y el de una superficie desarrollada que exceda el ancho de la hendidura por un factor de 10, se debe usar la resistencia de superficie con una radiación reducida (ver Anexo B).

Dimensiones en milímetros

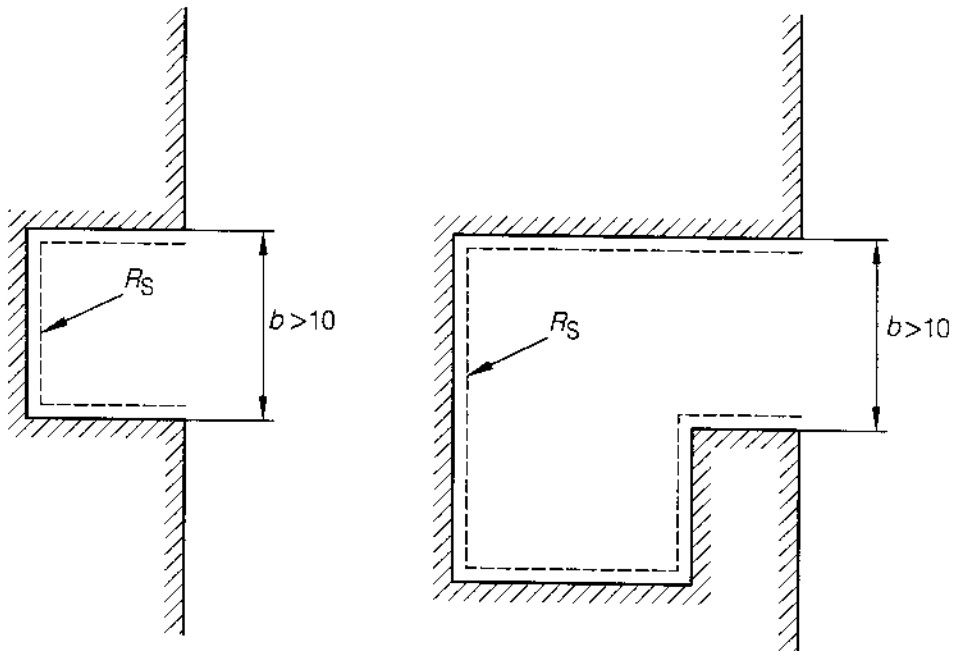


Figura 17 – Ejemplos de cavidades y ranuras bien ventiladas

7 Informe

7.1 Contenidos del informe

El informe de cálculo debe incluir lo siguiente:

- Referencia a esta norma, es decir, a la norma ISO 10077-2.
- Identificación de la organización que realiza el cálculo.
- Identificación del programa de cálculo.
- Fecha del cálculo.
- Método de cálculo aplicado a las cavidades: método de radiación (6.4.2) o método de conductividad térmicas equivalentes individual (6.4.3); fecha del cálculo.
- Elementos enlistados en los puntos 7.2 y 7.3.

7.2 Datos geométricos

Se debe incluir un dibujo técnico de estas secciones (preferiblemente usando una escala 1:1) en este informe. El dibujo debe dar las dimensiones y una descripción de los materiales utilizados. La información mínima que debe estar presente es la siguiente:

- Para los marcos metálicos, el grosor, la posición el tipo y el número de roturas térmicas.
- Para los marcos plásticos, la presencia y posición del anquilosamiento metálico (refuerzos).
- El grosor de los marcos de madera o plástico, preferiblemente indicado en un dibujo a escala.
- Las áreas del marco internas y externas, preferiblemente indicadas en un dibujo a escala.
- La profundidad y el grosor del acristalamiento o el panel en el marco.
- Para una caja de persiana enrollable, las dimensiones de la caja de persiana enrollable, la posición del marco de la ventana y la ventilación de la cavidad (ver 6.3.5).

7.3 Datos térmicos

7.3.1 Conductividad térmica

Todos los materiales de la sección de marco se deben enlistar juntos con los valores de conductividad térmica usados para el cálculo. Se deberían usar los datos dados en Anexo A. Si se utilizan otras fuentes, esto se debería establecer con claridad y se debe hacer referencias a dichas fuentes.

7.3.2 Emisividad

Para las cavidades, la emisividad de las superficies circundantes se debería establecer haciendo referencia a Tabla D.3, en caso de ser apropiado, y se debe proveer evidencia de apoyo, incluyendo referencias, si se usan valores menores a 0,9.

7.3.3 Condiciones de los límites

Se deben indicar en el dibujo las resistencias de superficies internas y externas y los límites adiabáticos, junto con las temperaturas del aire interna y externa. También pueden estar indicadas de forma alternativa en una tabla las resistencias de superficie interna y externa, así como las temperaturas de aire interna y externa.

En el caso de una caja de persiana enrollable, se debe establecer la ubicación de cualquier aislamiento aplicado a la superficies de cada persiana enrollable, junto con su grosor y su conductividad térmica.

7.4 Presentación de los resultados

La tasa de del flujo de calor total o la densidad de la tasa del flujo de calor, la transmitancia térmica de la sección de marco de la caja de persiana enrollable y la transmitancia térmicas lineal de acuerdo a Anexo C se deben presentar en dos figuras significativas (es decir, a un lugar decimal si $\geq 1,0$, a dos lugares decimales si $< 1,0$ y a tres lugares decimales si $< 0,1$).

Anexo A (normativo)

Conductividad térmica y otras características de los materiales seleccionados

La Tabla A.1 incluye las conductividades térmicas de los materiales usados para los grupos dados. Con algunas excepciones, los valores se obtuvieron a partir de ISO 10456, la incluye además otros materiales.

Tabla A.1 – Conductividades térmicas de los materiales

Grupo	Material ^a	Densidad kg/m ³	Conductividad térmica W/(m·K)
Marco	Cobre	8 900	380
	Aluminio (aleaciones Si)	2 800	160
	Latón	8 400	120
	Acero	7 800	50
	Acero inoxidable ^b , austenítico o austenítico-ferrítico	7 900	17
	Acero inoxidable ^b , ferrítico o martensítico	7 900	30
	PVC (cloruro de polivinilo), rígido	1 390	0,17
	Madera dura ^c	700	0,18
	Madera blanda ^d	500	0,13
	Madera blanda ^d	450	0,12
	Fibra de vidrio (resina-UP)*	1 900	0,40
Vidrio	Vidrio sódico-cálcico	2 500	1,00
	PMMA (polimetacrilato de metilo)	1 180	0,18
	Policarbonatos	1 200	0,20
Rotura térmica	ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)	1 050	0,20
	Poliamida (nylon)	1 150	0,25
	Poliamida 6,6 con 25% de fibra de vidrio	1 450	0,30
	Poliétileno HD, densidad alta	980	0,50
	Poliétileno LD, densidad baja	920	0,33
	Polipropileno, sólido	910	0,22
	Polipropileno con 25% de fibra de vidrio	1 200	0,25
	PU (poliuretano), rígido	1 200	0,25
	PVC-U (polivinilcloruro), rígido	1 390	0,17

(continúa)

Tabla A.1 – Conductividades térmicas de los materiales (conclusión)

Grupo	Material ^a	Densidad kg/m ³	Conductividad térmica W/(m·K)
Burlletes	PCP (policloropreno), ejemplo, policloropreno	1 240	0,23
	EPDM (monómero de etileno propileno dieno)	1 150	0,25
	Silicona, pura	1 200	0,35
	Silicona, rellena	1 450	0,50
	PVC, flexible (PVC-P) 40% ablandador	1 200	0,14
	Burlete de lana (poliéster mohair)*	-	0,14
	Espuma elastomérica, flexible	60 a 80	0,05
Material sellante y de borde de vidrio	PU (poliuretano)	1 500	0,40
	Caucho butílico, sólido/fusión en caliente	1 200	0,24
	Polisulfuro	1 700	0,40
	Silicona, pura	1 200	0,35
	Silicona, rellena*	1 450	0,40
	Poliisobutileno	930	0,20
	Resina de poliéster	1 400	0,19
	Gel de sílice (desecante)	720	0,13
	Tamiz molecular (desecante)*	650 a 750	0,10
	Espuma de silicona, densidad baja	750	0,12
	Espuma de silicona, densidad media*	820	0,17
	<p>^a La mayoría de los materiales se obtienen de ISO 10456, excepto aquellos marcados con un asterisco (*).</p> <p>^b EN 10088-1 contiene listas exhaustivas de las propiedades de los aceros inoxidables, las que se pueden usar cuando se conoce la composición precisa del acero inoxidable.</p> <p>^c La madera dura se refiere a los árboles del grupo botánico de los dicotiledones. Ver también Anexo G.</p> <p>^d La madera dura se refiere a los árboles del grupo botánico de los gymnospermas. Ver también Anexo G.</p>		

Para la aplicación de esta norma, la conductividad térmica de la madera se puede obtener de Tabla C.2, dependiendo de la especie de madera.

Tabla A.2 – Conductividad térmica de los tipos de madera

Código para la especie de madera ^a	Conductividad térmica, λ W/(m·K)
ABAL, PCAB, PCST, PNCN, THPL	0,11
KHXX, LADC, LAER, LAGM, LAOC, LAXX, PCGL, PHWS, PNSY, PSMN, SHLR, SWMC, TMIV, TSHT	0,13
ENCY, ENUT, EUXX, HEXM, HEXN, MIXX, OCRB, SHDR, TEGR, TGHC	0,16
AFXX, CLXX, EUGL, EUGR, EUSL, EUUG, EUUP, INXX, PHMG, PMPN, QCXA, QCXE, ROPS	0,18
^a El Anexo G contiene la lista de especies de madera designadas por estos códigos.	

Para la aplicación de esta norma, la emisividad de las superficies metálicas se puede obtener de Tabla A.3, dependiendo del tratamiento de la superficie.

Tabla A.3 – Emisividades típicas de las superficies metálicas

Descripción	Emisividad normal
Superficies de aluminio sin tratar	0,1
Superficies de aluminio ligeramente oxidadas (hasta 5 μm)	0,3
Superficies metálicas (generales, incluyendo las galvanizadas)	0,3
Superficies anodizadas, pintadas o recubiertas en polvo	0,9
NOTA 1 Una superficie sin tratar es aquella que no tiene tratamientos artificiales (como la anodización, galvanización o pintura).	
NOTA 2 La emisividad baja solo se puede considerar si se puede excluir la suciedad.	

Anexo B (normativo)

Resistencias superficiales

Tabla B.1 – Resistencias superficiales para los perfiles (flujo de calor horizontal)

Posición	Externa, R_{se} m ² ·K/W	Interna, R_{si} m ² ·K/W
Normal (superficie plana)	0,04	0,13
Radiación/convección reducida (en bordes o uniones entre dos superficies, ver Figura D.1)	0,04	0,20

NOTA Estos valores corresponden a los valores de la resistencia de superficie dada en ISO 6946, la que además entrega más información sobre la influencia de la convección y de la radiación en las resistencias de superficie.

En los casos en que los softwares de simulación requieren que las superficies inclinadas sean representadas por una malla ortogonal, la resistencia de superficie se puede corregir por medio de la multiplicación por la proporción de la longitud de superficie real y la longitud como se representa en el modelo de simulación.

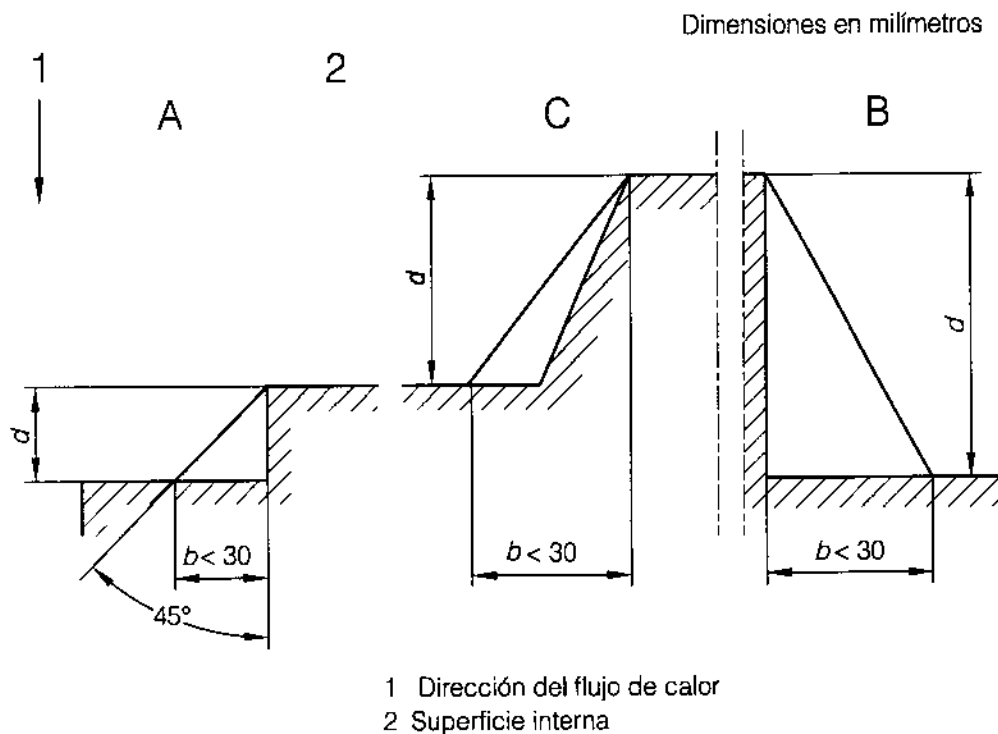


Figura B.1 – Representación esquemática de las superficies con una resistencia de superficie incrementada debido a una transferencia de calor por radiación/convección reducida

En Figura B.1 el sombreado indica las distancias sobre las cuales se aplican las resistencias de superficie aumentadas. Estas son las distancias b y d , en que b equivale a la profundidad d , pero no es mayor que 30 mm.

Ejemplo 1 $b = d$ cuando $d \leq 30$ mm.

Ejemplo 2 $b = 30$ mm cuando $d > 30$ mm.

Ejemplo 3 para la aplicación en una superficie inclinada, $b = 30$ mm cuando $d > 30$ mm.

Tabla B.2 – Resistencia de superficie para el cálculo de las cajas de persiana enrollable

Dirección del flujo de calor	Externo, R_{se} m ² ·K/W	Interno, R_{si} m ² ·K/W
Horizontal	0,04	0,13
Vertical	0,04	0,13

NOTA El valor para la resistencia de superficie interna para el flujo de calor vertical considera el efecto del flujo de calor en la dirección ascendente, además del efecto de la radiación/convección reducida.

Anexo C (normativo)

Determinación de la transmitancia térmica

C.1 Transmitancia térmica de la sección de marco

La transmitancia térmica de la sección de marco, U_f , se define de la siguiente forma.

Con referencia a Figura E.1, en el modelo de cálculo, el acristalamiento o panel opaco es reemplazado por un panel de aislamiento con una conductividad térmica $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ inserta en el marco, con un espacio b_1 no menos a 5 mm. La superposición b_2 equivale a aquella del acristalamiento que reemplaza el panel de aislamiento. La longitud del panel debe ser de al menos 190 mm medidos desde la parte más prominente del marco, ignorando cualquier tapón o tapones prominente(s). Para los tapones prominentes, esto significa que la longitud del panel visible podría ser menor a 190 mm. El extremo opuesto del panel se considera como un límite adiabático. El modelo de marco debe contener todos los materiales usados en la fabricación de la ventana, exceptuando el acristalamiento o el panel opaco, el que se reemplaza por el panel de aislamiento. El grosor de d del panel de aislamiento debe ser:

En el caso de que el marco esté diseñado para un grosor específico, el grosor de d será el del acristalamiento o del panel opaco que está siendo reemplazado.

En caso de que el marco se pueda usar con varios grosores de acristalamiento, el grosor de d será de 24 mm para el acristalamiento doble o 36 mm para el acristalamiento triple.

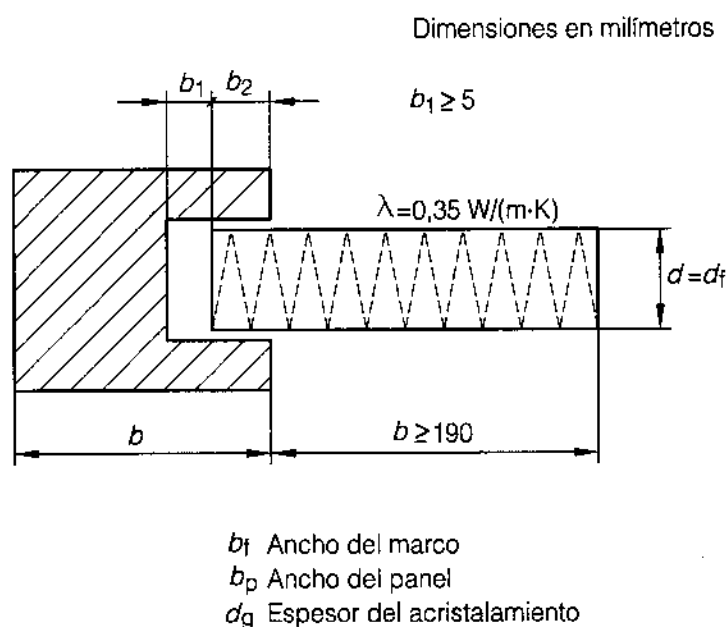


Figura C.1 – Esquema de la sección de perfil con un panel de aislamiento instalado

NOTA Desde Figura E.1 hasta Figura E.8 se ilustran algunos perfiles de ventana típicos, indicando las condiciones de límites para los cálculos numéricos.

En el caso de una ventana de tejado, las partes adiabáticas del límite son aquellas en donde el marco de la ventana de tejado está en contacto con el techo, cuando la ventana de tejado se instalada de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Si el método de instalación de la ventana de tejado no se puede determinar a partir de las instrucciones de instalación del fabricante, este se debe modelar como se describe en ISO 12567-2:2005, Figura 2.

Se calcula la conductancia térmica bidimensional L_f^{2D} de la sección mostrada en Figura E.1, la que consiste del marco y del panel de aislamiento. El valor de la transmitancia térmica del marco, U_f es definido por Fórmula (D.1):

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p b_p}{b_f} \quad (D.1)$$

en que:

U_f = es la transmitancia térmica de la sección de marco, en $W/(m^2 \cdot K)$;

L_f^{2D} = es la conductancia térmica de la sección mostrada en Figura C.1, en $W/(m \cdot K)$;

U_p = es la transmitancia térmica del área central del panel, en $W/(m^2 \cdot K)$;

b_f = es el ancho proyectado de la sección de marco (sin tapones prominentes), en m;

b_p = es el ancho visible del panel, en m;

b_f = es el ancho más grande de los anchos proyectados visto desde ambos lados. b_p se mide en el mismo lado que b_f .

NOTA L_f^{2D} se calcula a partir de la tasa del flujo de calor total por longitud por medio de la sección dividida por la diferencia de temperatura entre ambos ambientes adyacentes. Ver ISO 10211.

d.2 Transmitancia térmica lineal de la unión con el acristalamiento o panel opaco.

La transmitancia térmica del acristalamiento, U_g , es aplicable al área central del acristalamiento y no incluye el efecto del separador en el borde del acristalamiento. La transmitancia térmica del marco, U_f , es aplicable en la ausencia del acristalamiento. La transmitancia térmica lineal, Ψ , describe el flujo de calor adicional causado por la interacción del marco y el borde de vidrio, incluyendo el efecto del separador.

Para calcular el coeficiente de acoplamiento térmico bidimensional de la sección que consiste en el marco y el acristalamiento, incluyendo el efecto del separador, la sección del marco con un ancho de marco proyectado, b_f y transmitancia térmica, U_f , es completada por el acristalamiento con una transmitancia térmica U_g y una longitud b_g . Ver Figura E.2. El valor de la transmitancia térmica lineal, Ψ , es definido por Fórmula (F.2):

$$\psi = L_\Psi^{2D} - U_f b_f - U_g b_g \quad (D.2)$$

en que:

Ψ = es la transmitancia térmica lineal, en $W/(m \cdot K)$;

L_{Ψ}^{2D} = es la conductancia térmica de la sección mostrada en Figura C.2, en $W/(m \cdot K)$;

U_f = es la transmitancia térmica de la sección de marco, en $W/(m^2 \cdot K)$;

U_g = es la transmitancia térmica del área central del acristalamiento, en $W/(m^2 \cdot K)$;

b_f = es el ancho proyectado de la sección de marco, en m;

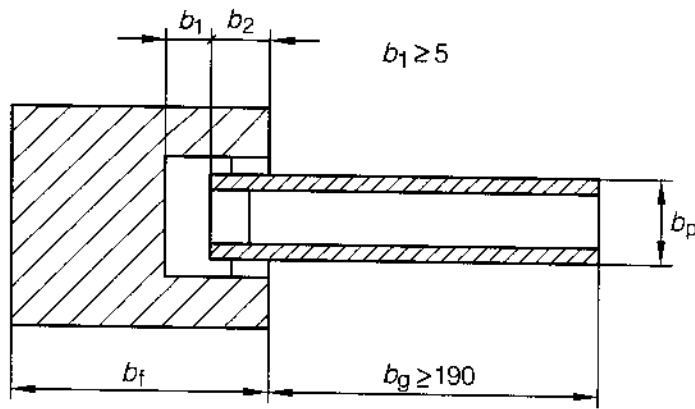
b_g = es el ancho visible del acristalamiento, en m;

b_f = es el ancho más grande de los anchos proyectados visto desde ambos lados. b_p se mide en el mismo lado que b_f .

El mismo procedimiento se aplica a las secciones de marco para las puertas con paneles opacos en vez de un acristalamiento.

El mismo procedimiento, pero sin sección de marco, también se aplica a la transmitancia térmica lineal debido al efecto combinado de una barra de acristalamiento y el acristalamiento.

Dimensiones en milímetros



b_f Ancho del marco
 b_p Ancho del panel
 d_g Espesor del acristalamiento

Figura C.2 – Esquema de la sección de perfil con acristalamiento instalado

NOTA Para un acristalamiento con un grosor de hasta 60 mm, es suficiente contar con una longitud visible del panel o vidrio de 190 mm.

Para calcular los valores de Ψ para la combinación de las construcciones de marco con unidades de acristalamiento aislantes (IGU, por sus siglas en inglés), incluyendo separadores metálicos cuando no hay información detallada sobre la geometría del separador metálico, se debe usar el siguiente separador.

La profundidad del separador d es el ancho de la cavidad de la IGU reducida a 0,5 mm. Esto ocurre debido a que el grosor del sellante interno (caucho butílico) es de 0,25 mm en cualquier lado del separador. Por ejemplo, si el ancho de la cavidad en la IGU es de 16 mm, la profundidad d del separador es de 15,5 mm. La geometría general del separador y la integración en la IGU se muestran en Figura E.3. Si no hay más información disponible, el sellante externo debería ser un polisulfuro con un grosor de 3 mm.

Dimensiones en milímetros

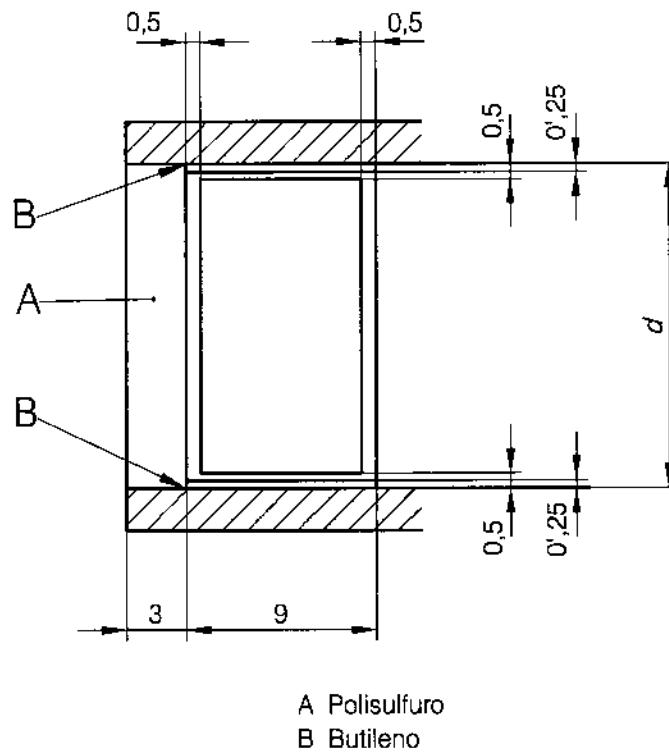


Figura C.3 – Separador metálico representativo incorporado en una IGU

A polisulfuro

B butileno

Los valores de Ψ representativos de los separadores mejorador térmicamente se pueden establecer en base a las secciones de perfil representativas y a las unidades de vidrio representativas. En la Referencia [12] se encuentra un procedimiento detallado.

Anexo D (normativo)

Ejemplos generales para la validación de los programas de cálculo usando el método de radiosidad para el tratamiento de cavidades

D.1 Cilindros concéntricos

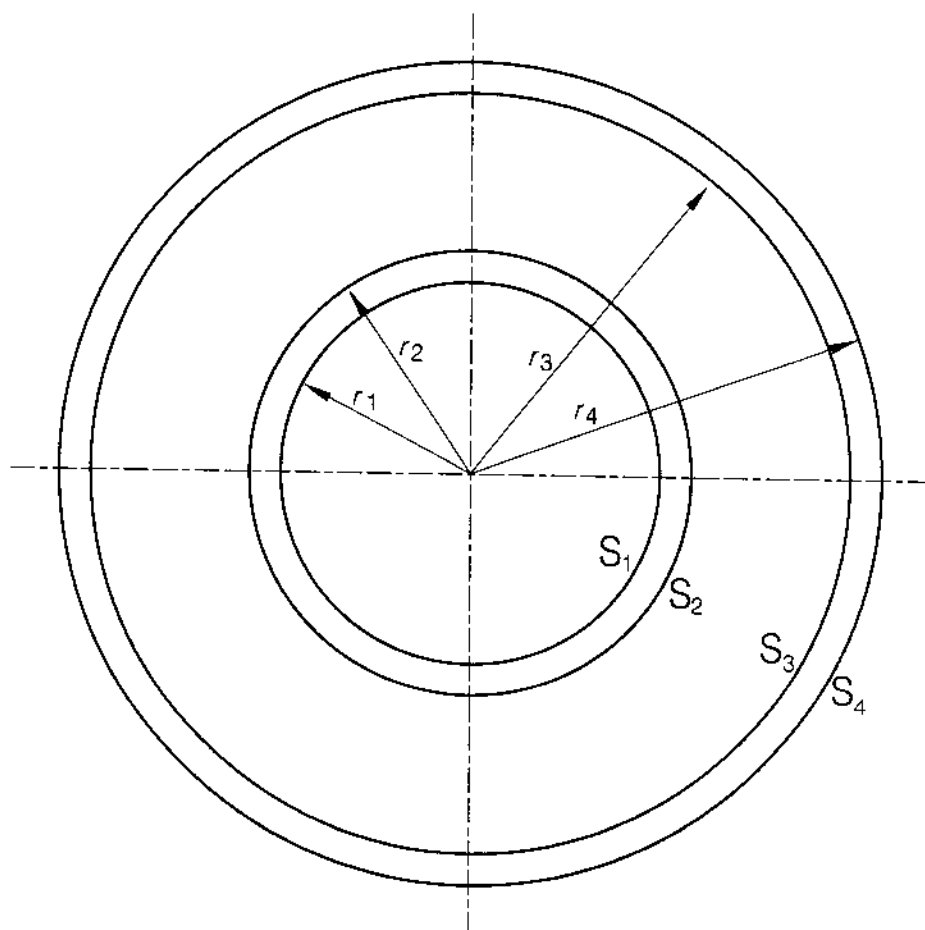


Figura D.1 – Cavidad vacía entre dos cilindros concéntricos

La Figura D.1 muestra dos cilindros concéntricos con un vacío entre ellos. Las dimensiones se encuentran en Tabla D.1.

Los cilindros son conductores perfectos (λ aproximadamente ∞).

En la superficie interna del cilindro más pequeño (S_1) y en la superficie externa del cilindro más grande (S_4) se aplican las temperaturas de superficie especificadas en Tabla D.2.

La transferencia de calor entre la superficie externa del cilindro más pequeño (S_2) y la superficie interna del cilindro más grande (S_3) ocurre por medio de radiación únicamente. El flujo de calor por radiación se calcula por medio del programa de cálculo para cuatro variantes de las emisividades de superficie de las superficies S_2 y S_3 , como es dado en la D.3.

La diferencia (en términos relativos) entre el flujo de calor por radiación del programa de cálculo que se validará y el flujo de calor por radiación calculado analíticamente enlistado en Tabla D.4 debe ser menor al 3%.

Tabla D.1 – Dimensiones de los cilindros

Dato (Figura F.1)	Radio m
r_1	0,07
r_2	0,08
r_3	0,14
r_4	0,15

Tabla D.2 – Temperaturas de superficie conocidas

Superficie	Temperatura °C
S_1	20
S_4	0

Tabla D.3 – Emisividades de superficie

Variante	Emisividad de la superficie S_2	Emisividad de la superficie S_3
A	0,9	0,9
B	0,1	0,9
C	0,9	0,1
D	0,1	0,1

Tabla D.4 – Flujo de calor por radiación desde la superficie S_2 hasta la superficie S_3

Variante	Flujo de calor por radiación W/m
A	44,12
B	5,15
C	8,29
D	3,42

D.2 Vacío dentro de una cavidad cuadrada

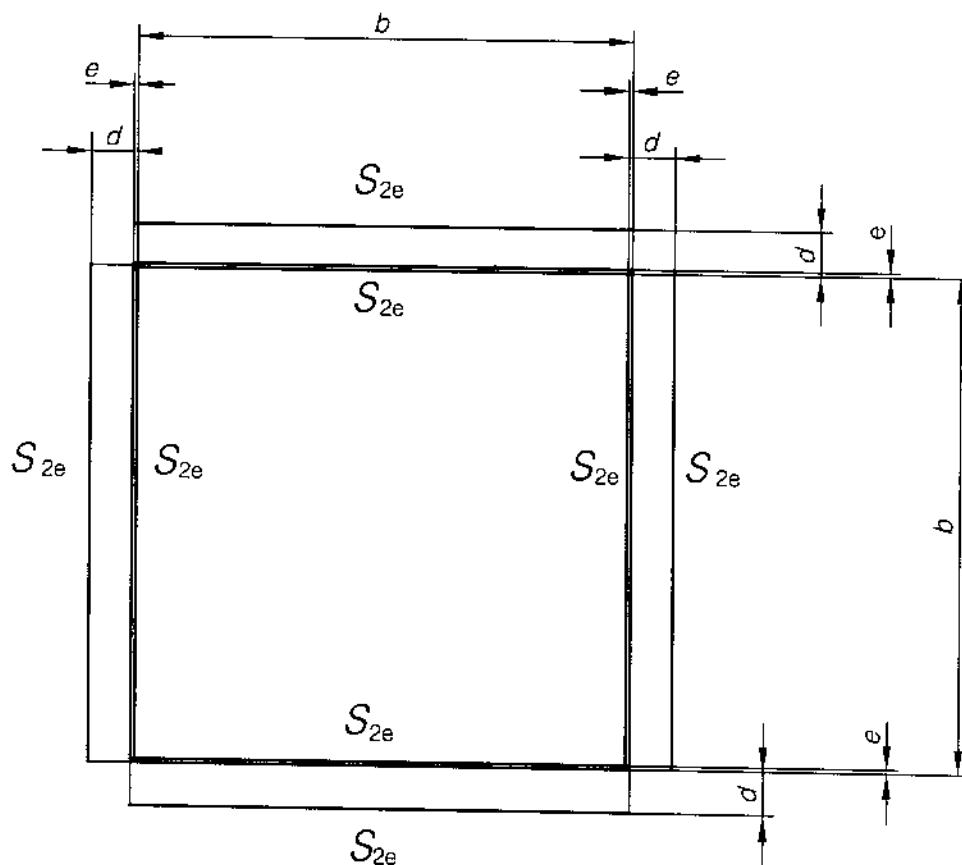


Figura D.2 – Cavidad vacía rodeada por cuatro paredes

Una cavidad vacía está rodeada por cuatro paredes. Las dimensiones están dadas por Tabla D.5.

Cada pared tiene dos capas. El material de la capa más gruesa (con grosor d) tiene una conductividad térmica de $1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. El material de la capa más delgada (con grosor e) es un conductor perfecto (λ aproximadamente ∞). La emisividad de la superficie de la capa más delgada es de 0,9. No hay un contacto térmico entre las cuatro capas más delgadas.

En las superficies de pared externas se aplican las temperaturas ambientales y la transferencia de calor de superficie conocidos, como se enlistan en Tabla D.6.

El intercambio de calor entre las superficies de pared internas (S_{1i} , S_{2i} , S_{3i} , S_{4i}) ocurre por radiación únicamente.

La distribución de temperatura se debe calcular por medio del programa de cálculo que se está validando. La diferencia entre las temperaturas de superficie interna centrales y las temperaturas de superficie calculadas analíticamente enlistadas en Tabla D.7 debe ser menor a 0,2 °C.

Tabla D.5 – Dimensiones

Dato (Figura D.2)	Grosor m
d	0,10
e	0,01
b	1,00

Tabla D.6 – Condiciones de límite de la superficie de pared externa

Superficie	Temperatura °C	Resistencia de superficie m ² ·K/W
S _{1e}	0	0,1
S _{2e}	5	0,1
S _{3e}	10	0,1
S _{4e}	20	0,1

Tabla D.7 – Temperaturas de superficie interna

Superficie	Temperatura °C
S _{1i}	4,67
S _{2i}	7,25
S _{3i}	9,18
S _{4i}	13,89

D.3 Media columna cuadrada con temperaturas de superficie especificadas

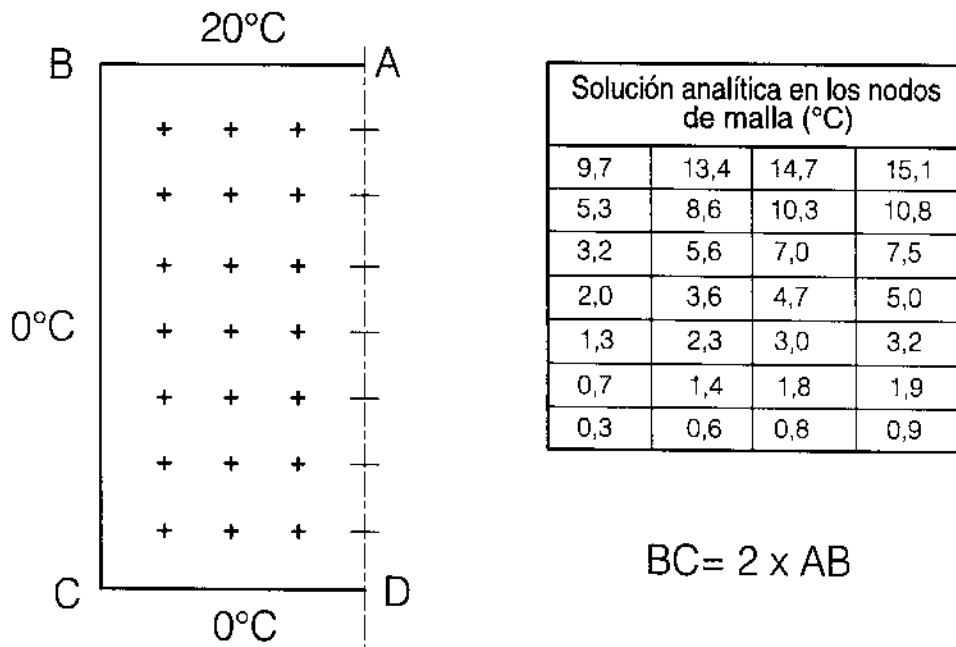


Figura D.3 – Media columna cuadrada con temperaturas de superficie conocidas: Datos

La transferencia de calor a través de la mitad de una columna cuadrada con temperaturas de superficie conocidas (Figura F.3) se puede calcular de forma analítica. En la misma Figura se encuentra la solución analítica en 28 puntos de una malla equidistante. La diferencia entre las temperaturas calculadas por el programa de cálculo que se está validando y las temperaturas enlistadas no debe superar los $0,1^{\circ}\text{C}$.

D.4 Cavity de aire

Dimensiones en milímetros

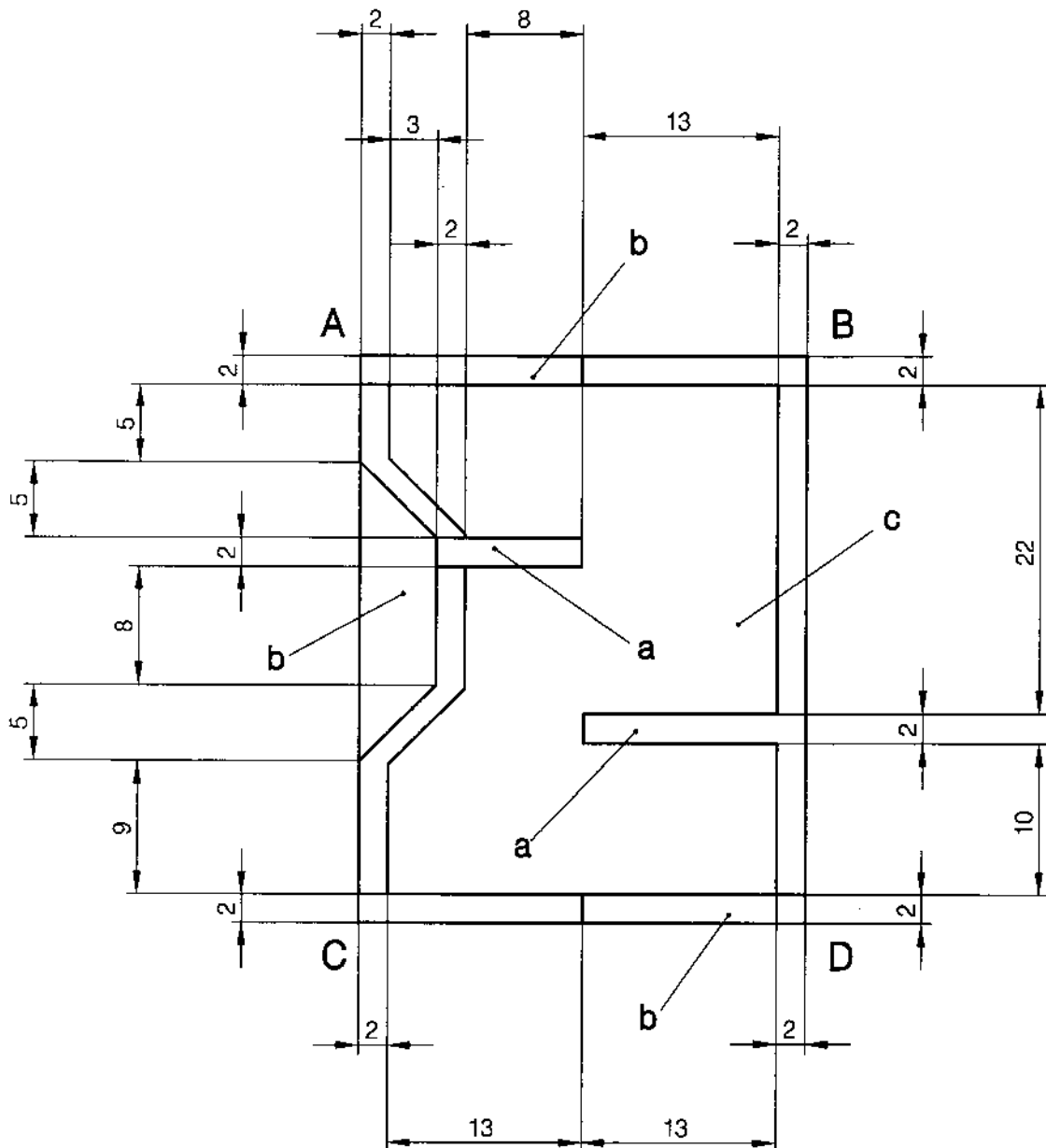


Figura D.4 – Cavity de aire rodeada por dos materiales

Una cavity de aire (c) está rodeada por dos materiales (a y b), como se muestra en Figura D.4.

La conductividad térmica del material a es de $0,3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. La conductividad térmica del material b es de $0,001 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Todas las superficies de material tienen una emisividad de 0,9.

Existe un ambiente adyacente a la superficie AB con una temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y una resistencia de superficie de $0,13 \text{ m}^2\cdot\text{KW}$.

Existe un ambiente adyacente a la superficie CD con una temperatura de 0 °C y una resistencia de superficie de 0,04 m²·K/W.

AC y BD son límites adiabáticos.

La transferencia de calor a través de los materiales y de la cavidad se lleva a cabo por medio de conducción, convección y radiación.

La diferencia (en términos relativos) entre el flujo de calor total del programa de cálculo que se está validando y aquel enlistado en Tabla F.8 debe ser menor a 3%.

La dirección de la conducción equivalente a la cavidad, relativa a la dirección ascendente y positiva en el sentido del reloj, y la conductividad equivalente a la cavidad se encuentran en Tabla F.8 solo por información.

Tabla D.8 – Resultados calculados

Dirección de la conducción equivalente a la cavidad	21,8°
Conductividad equivalente a la cavidad	0,048 W/(m·K)
Flujo de calor total	0,826 W/K

Anexo E (normativo)

Ejemplos de marcos de ventana para la validación de los programas de cálculo que usan el método de radiosidad para el tratamiento de cavidades

E.1 General

Este Anexo provee criterios para la validación de un programa de cálculo. Como se establece en 5.3, la aplicación de un programa en las secciones de marco desde Figura G.1 hasta Figura G.11 debe conllevar a resultados para L^{2D} que difieran por no más de un 3% de aquellos dados en Tablas G.3 y G.4.

E.2 Figuras

Desde Figura E.1 hasta Figura E.11 se aplican los datos presentadas en Tablas E.1 y E.2

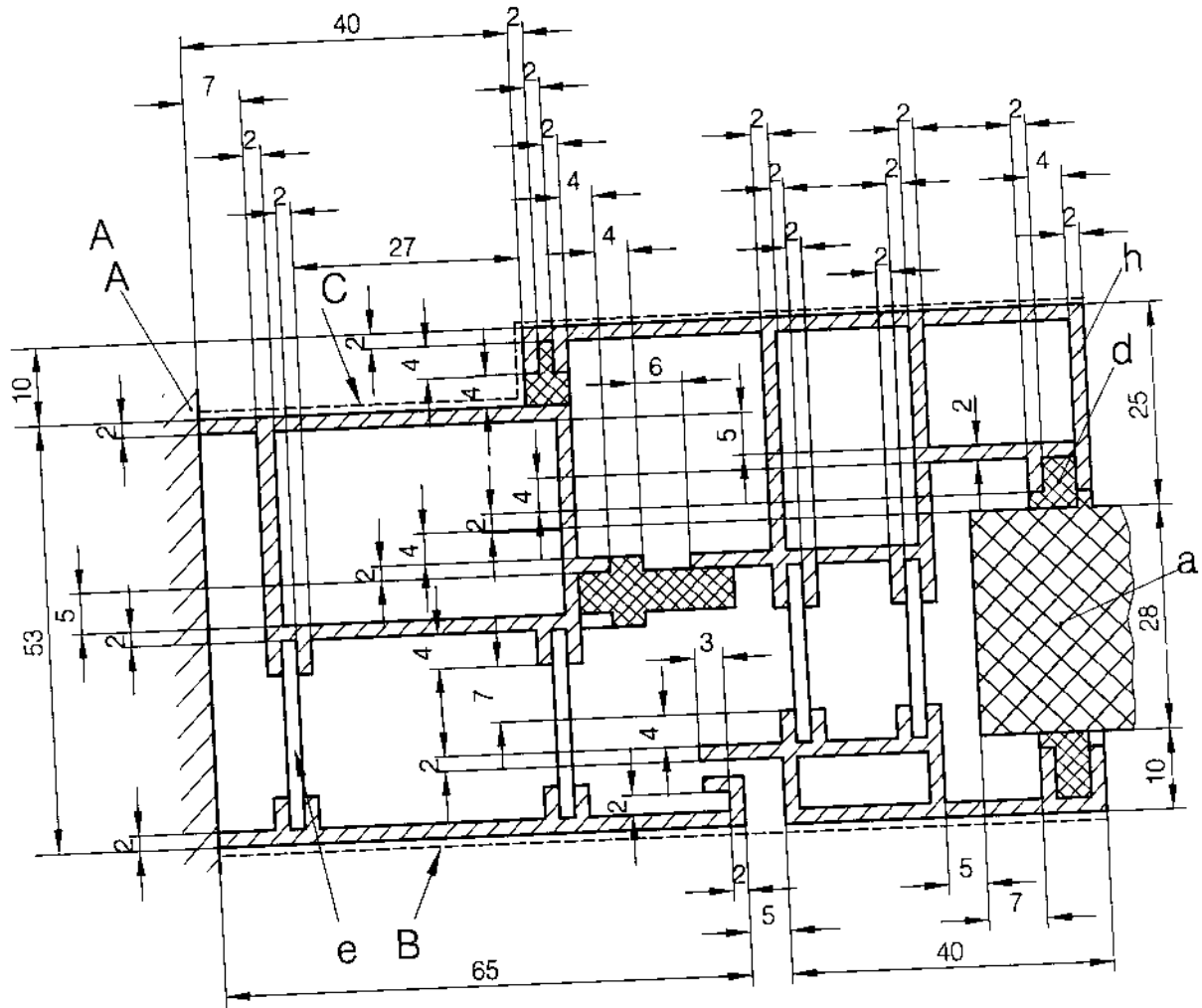
Tabla E.1 – Límites

Dato	Resistencia de superficie, R_s $m^2 K/W$	Temperatura, $^{\circ}C$
A adiabático	Infinito	—
B externo	Ver Anexo B	0
C interno	Ver Anexo B	20

Tabla E.2 – Materiales

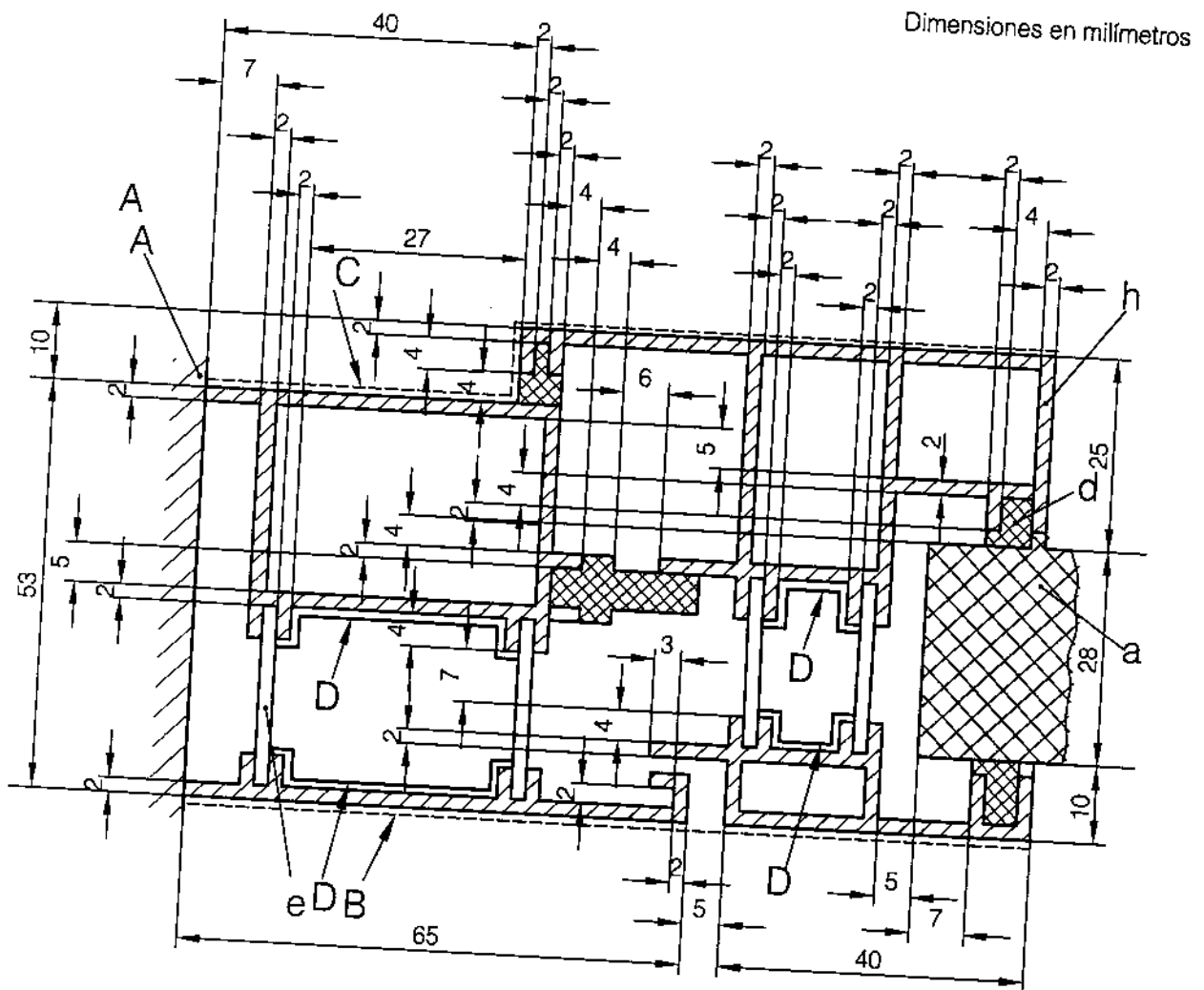
Dato	Material	Conductividad térmica, $\lambda W/(m \cdot K)$
a	Panel de aislamiento	0,035
b	Madera blanda	0,13
c	PVC	0,17
d	EPDM	0,25
e	Poliamida 6,6 con 25% de fibra de vidrio	0,3
f	Vidrio	1,0
g	Acero	50
h	Aluminio ^a	160
i	Burlite de lana (poliéster mohair)	0,14
k	Poliamida	0,25
l	PU (poliuretano), rígido	0,25
m	Polisulfuro	0,40
n	Gel de sílice (desecante)	0,13
o	Relleno de gas	0,034 ^b
p	Poliisobutileno	0,20

^a Todas las superficies tienen una emisividad de 0,9, exceptuando Figura E.2.
^b Conductividad térmica equivalente del relleno de gas.



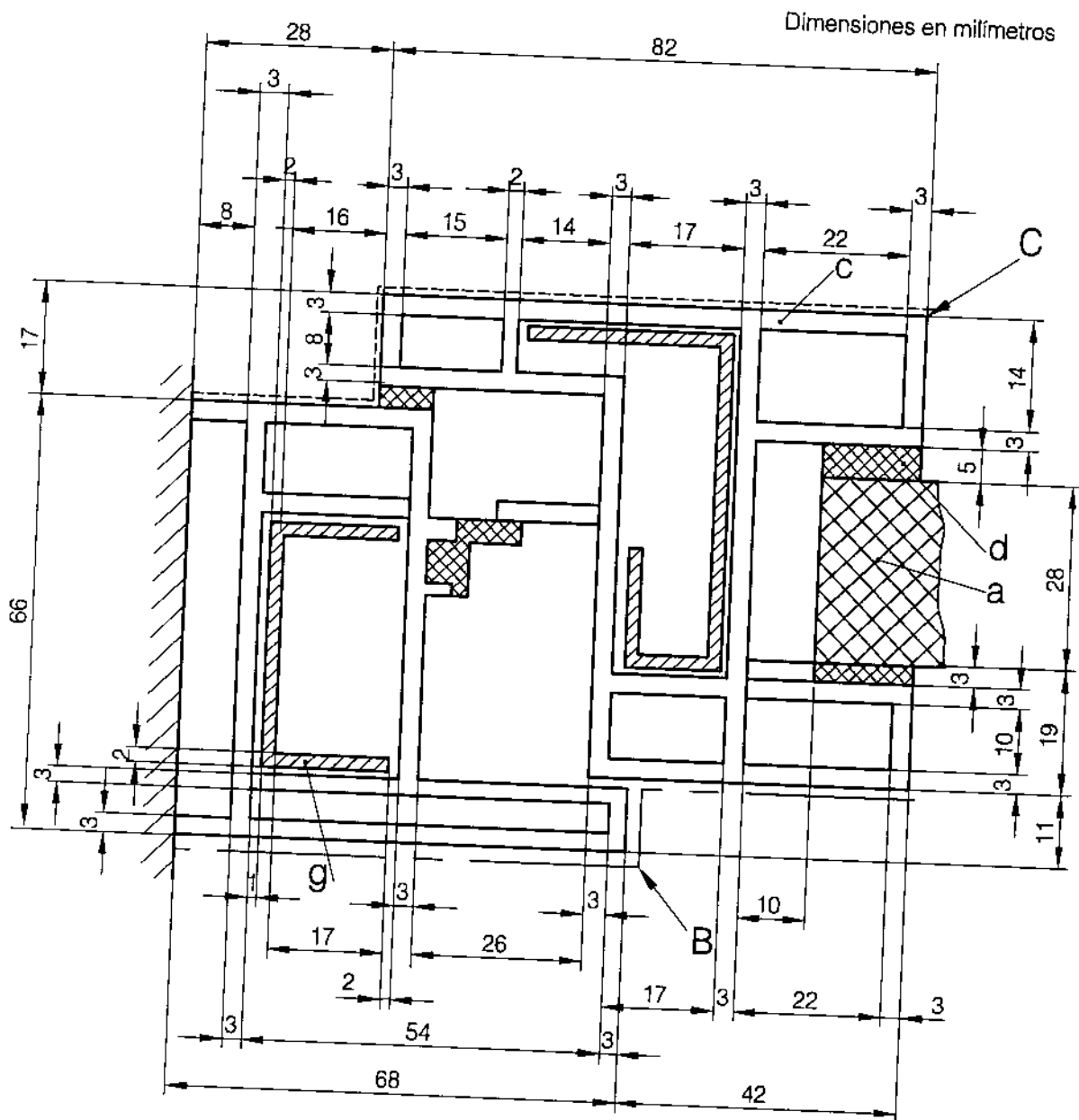
NOTA 1 El ancho de marco proyectado, b_r , es de 110 mm.
 NOTA 2 La emisividad de todas las superficies equivale a 0,9.

Figura E.1 – Sección de marco de aluminio con rotura térmica y panel de aislamiento



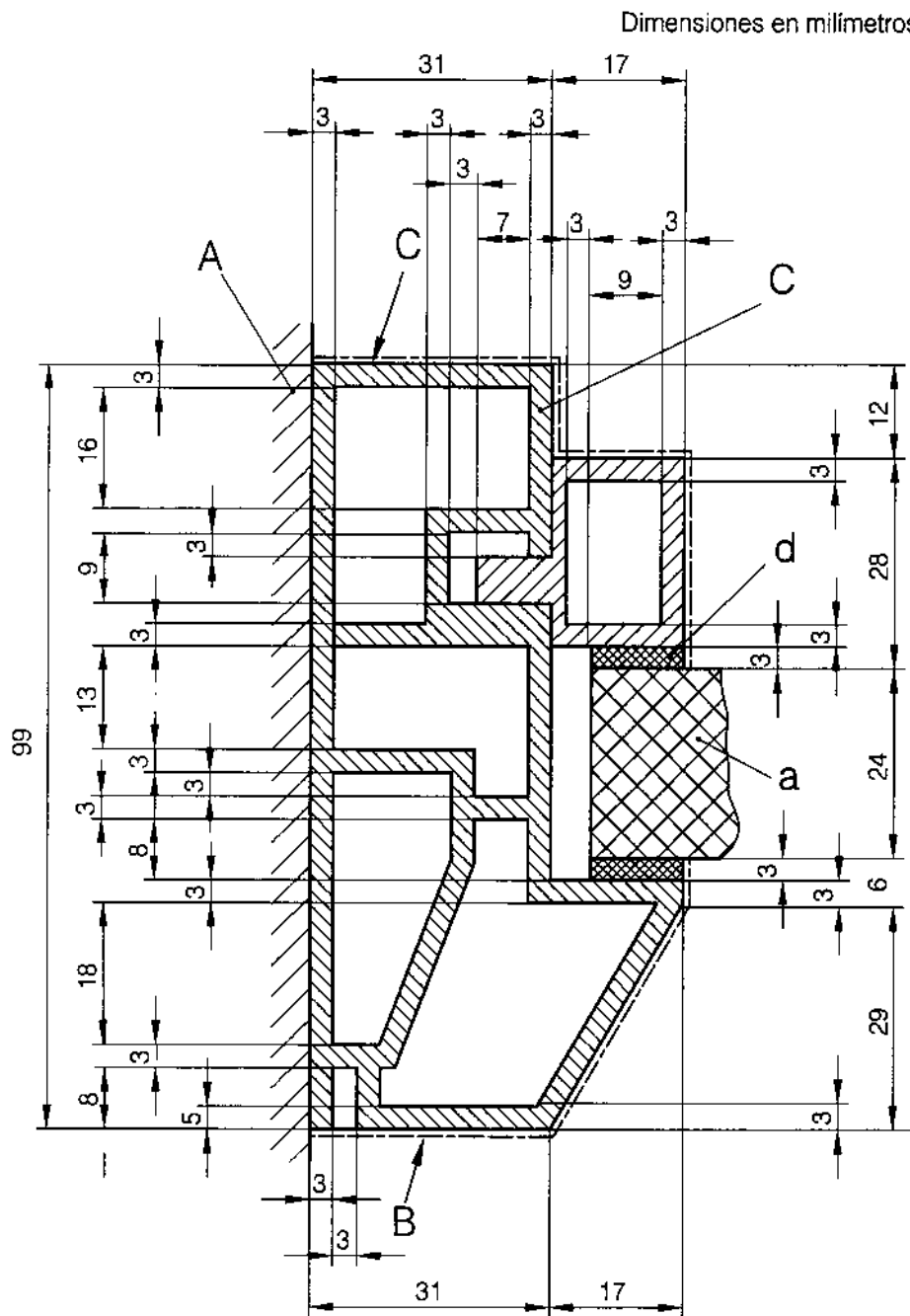
NOTA 1 El ancho de marco proyectado, b_f , es de 110 mm.
 NOTA 2 La emisividad de todas las superficies especificadas equivale a 0,1, otras, a 0,9.

Figura E.2 – Sección de marco de aluminio con rotura térmica y panel de aislamiento



NOTA El ancho de marco proyectado, b_f , es de 110 mm.

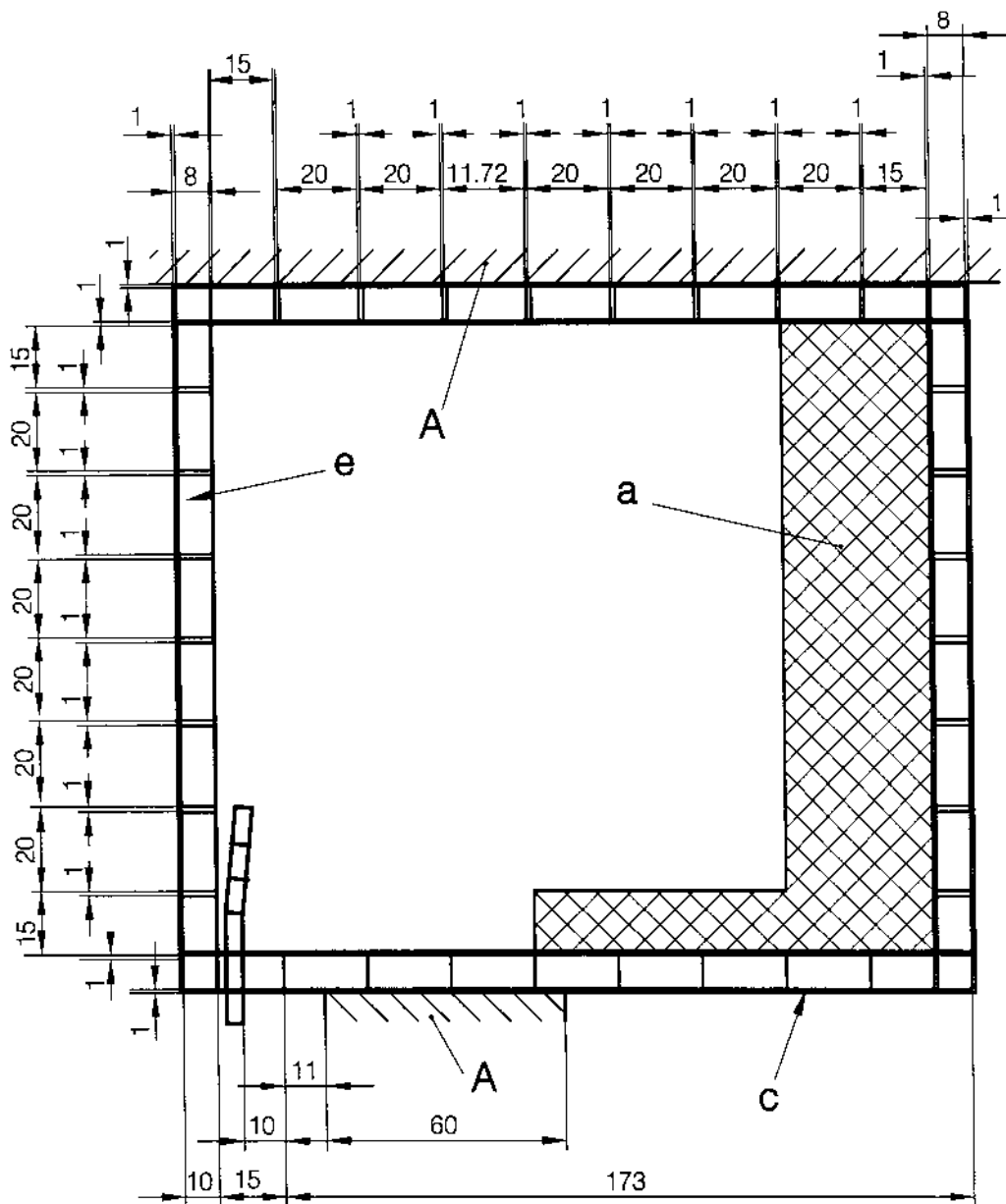
Figura E.4 – Sección de marco de PVC con refuerzo de acero y panel de aislamiento



NOTA El ancho de marco proyectado, b_f , es de 48 mm.

Figura E.8 – Sección de marco fijo y panel de aislamiento

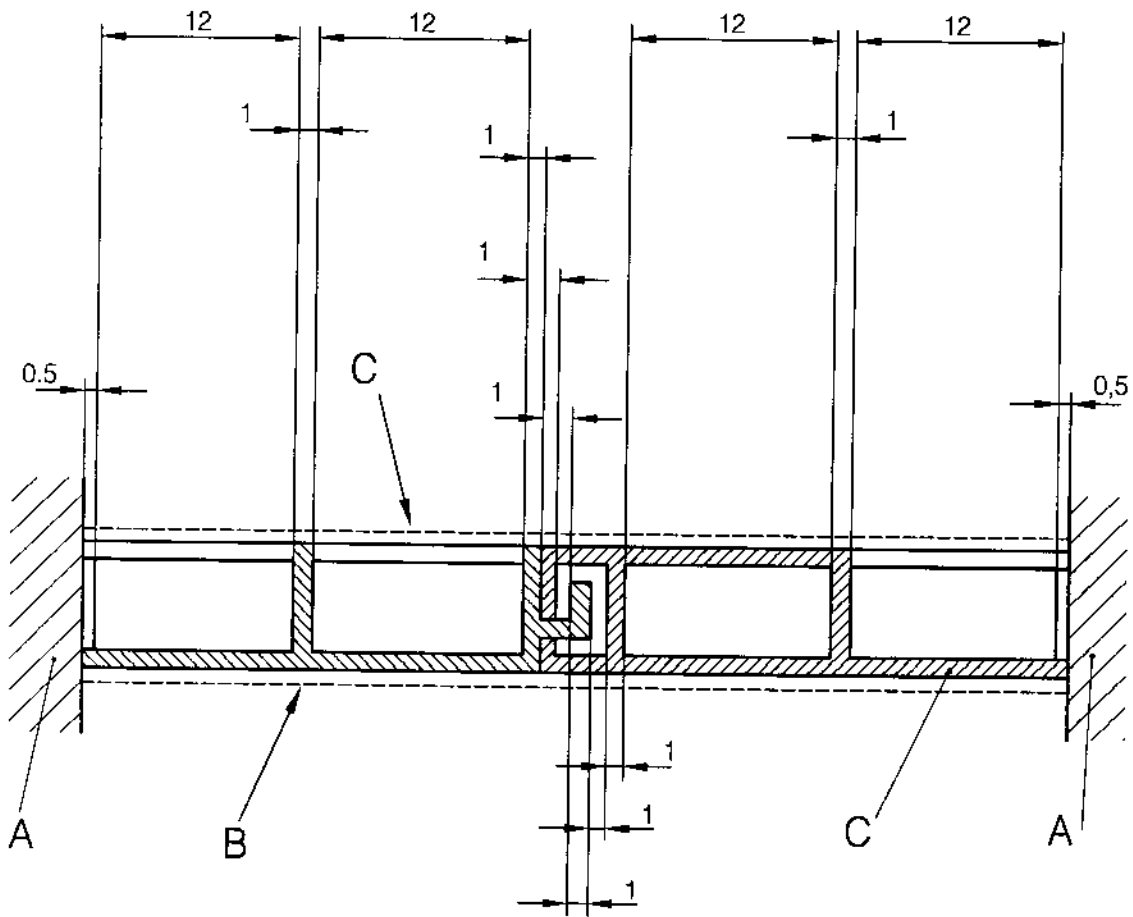
Dimensiones en milímetros



NOTA El ancho de la caja de persiana, b_{sb} es de 177 mm.

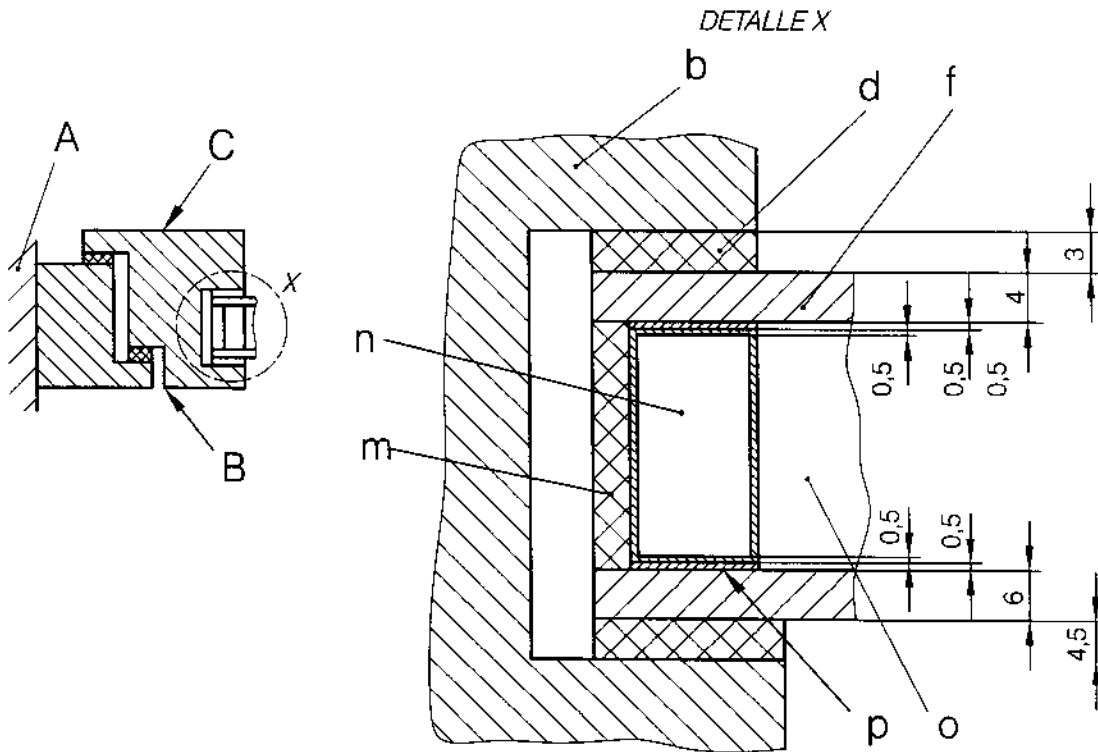
Figura E.9 – Caja de persiana enrollable

Dimensiones en milímetros



NOTA El perfil de persiana PVC, b es de 57 mm.

Figura E.10 – Perfil de persiana PVC



NOTA Ver Figura E.5

Figura E.11 – Ejemplo para la determinación de una transmitancia térmica lineal de una sección de marco de madera y de un acristalamiento con $U_g = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ con un sistema de borde de vidrio convencional

Para lograr una transmitancia térmica de la unidad de acristalamiento aislante, U_g , de $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, el espacio de la unidad de acristalamiento aislante se llena con un material sólido marcado "o" con una conductividad térmica de $0,034 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

E.3 Resultados

Tabla E.3 – Conductancia térmica L^{2D} calculada y transmitancia térmica

Ejemplo	L^{2D} W/(m·K)	U_T W/(m ² ·K)
Figura E.1	0,539	3,11
Figura E.2	0,508	2,83
Figura E.3	0,252	1,35
Figura E.4	0,400	1,86
Figura E.5	0,344	1,34
Figura E.6	0,407	2,07
Figura E.7	0,637	4,44
Figura E.8	0,281	1,23
Figura E.9	0,188	1,06
Figura E.10	0,208	3,64

NOTA Para evitar errores de redondeo los valores se dan a tres figuras significativas.

Tabla E.4 – Conductancia térmica L_{ψ}^{2D} calculada y transmitancia térmica lineal

Ejemplo	L_{ψ}^{2D} (m·K)	ψ W/(m·K)
Figura E.11	0,478	0,083

Anexo F (normativo)

Ejemplos de marcos de ventana para la validación de los programas de cálculo usando el método de conductividad térmica equivalente individual para el tratamiento de cavidades

F.1 General

Este Anexo provee criterios para la validación de un programa de cálculo. Como se establece en 5.3, la aplicación de un programa en las secciones de marco desde Figura F.1 hasta Figura F.10 debe conllevar a resultados para L^{2D} que difieran por no más de un 3% de aquellos dados en Tablas F.3 e F.4.

F.2 Figuras

Desde Figura F.1 hasta Figura F.10 se aplican los datos presentadas en Tablas F.1 e F.2

Tabla F.1 – Límites

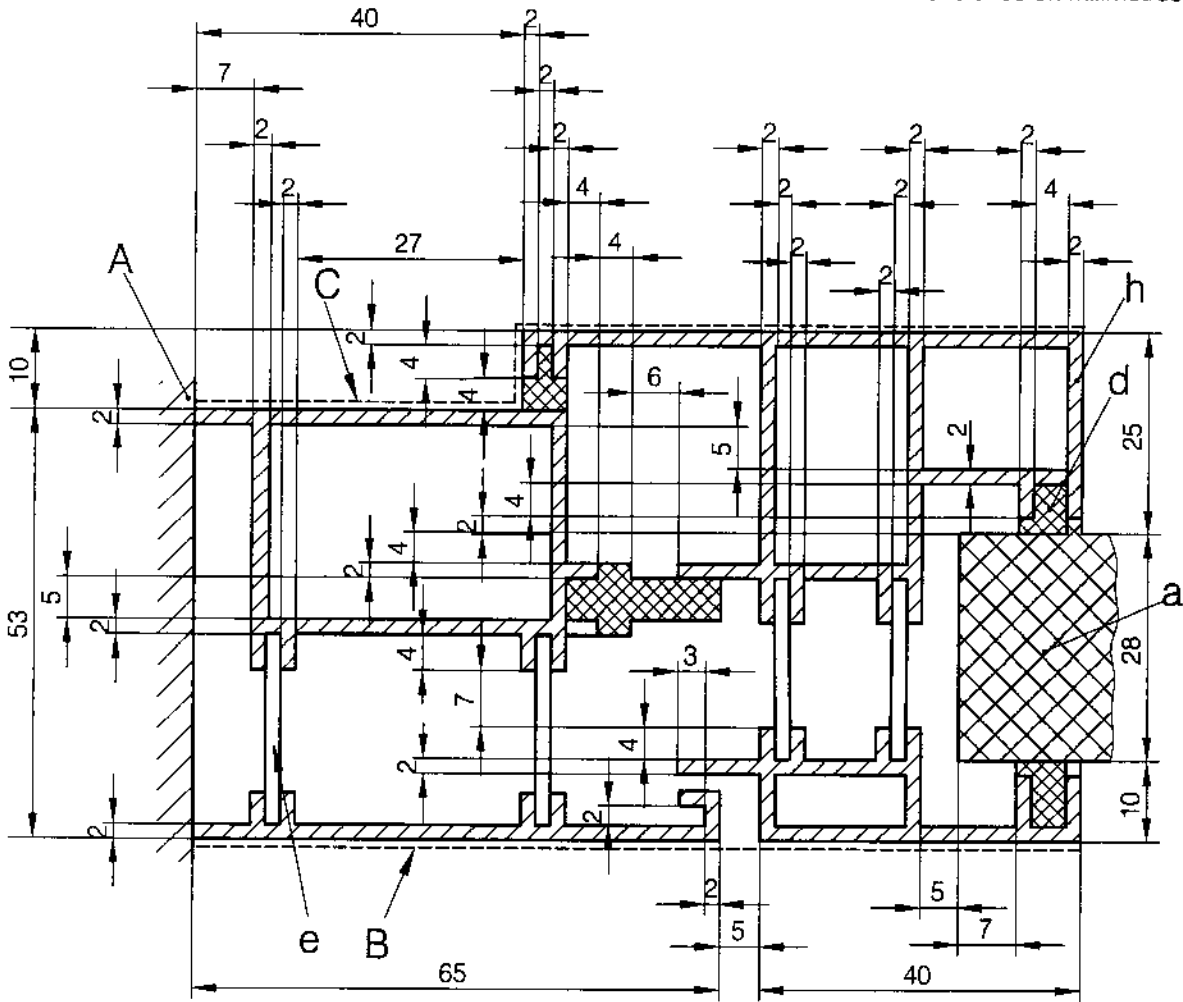
Dato	Resistencia de superficie, R_s $m^2 \cdot K/W$	Temperatura, $^{\circ}C$
A adiabático	Infinito	-
B externo	Ver Anexo B	0
C interno	Ver Anexo B	20

Tabla F.2 – Materiales

Dato	Material	Conductividad térmica, λ W/(m·K)
a	Panel de aislamiento	0,035
b	Madera blanda	0,13
c	PVC	0,17
d	EPDM	0,25
e	Poliamida 6,6 con 25% de fibra de vidrio	0,3
f	Vidrio	1,0
g	Acero	50
h	Aluminio ^a	160
i	Burlete de lana (poliéster mohair)	0,14
k	Poliamida	0,25
l	PU (poliuretano), rígido	0,25
m	Polisulfuro	0,40
n	Gel de sílice (desecante)	0,13
o	Relleno de gas	0,034 ^b
p	Poliisobutileno	0,20

^a Todas las superficies tienen una emisividad de 0,9.
^b Conductividad térmica equivalente del relleno de gas.

Dimensiones en milímetros

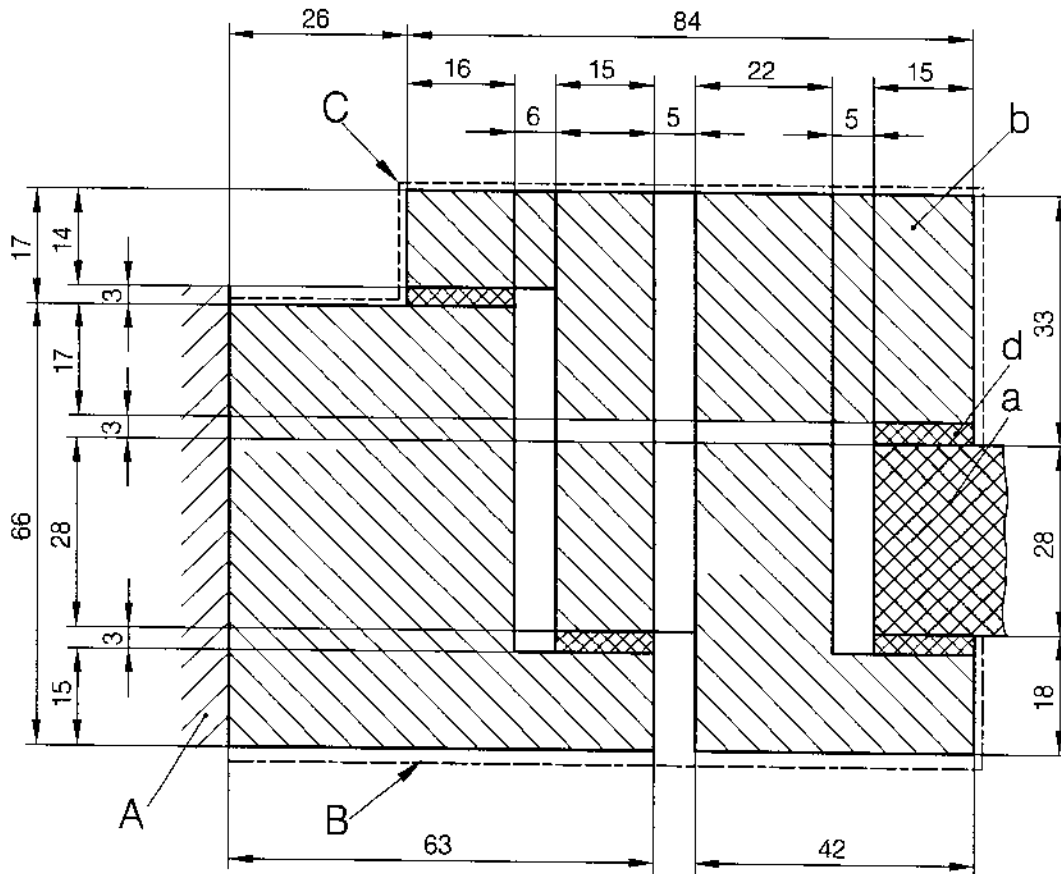


NOTA 1 El ancho de marco proyectado, b_f , es de 110 mm.

NOTA 2 La emisividad de todas las superficies equivale a 0,9.

Figura F.1 – Sección de marco de aluminio con rotura térmica y panel de aislamiento

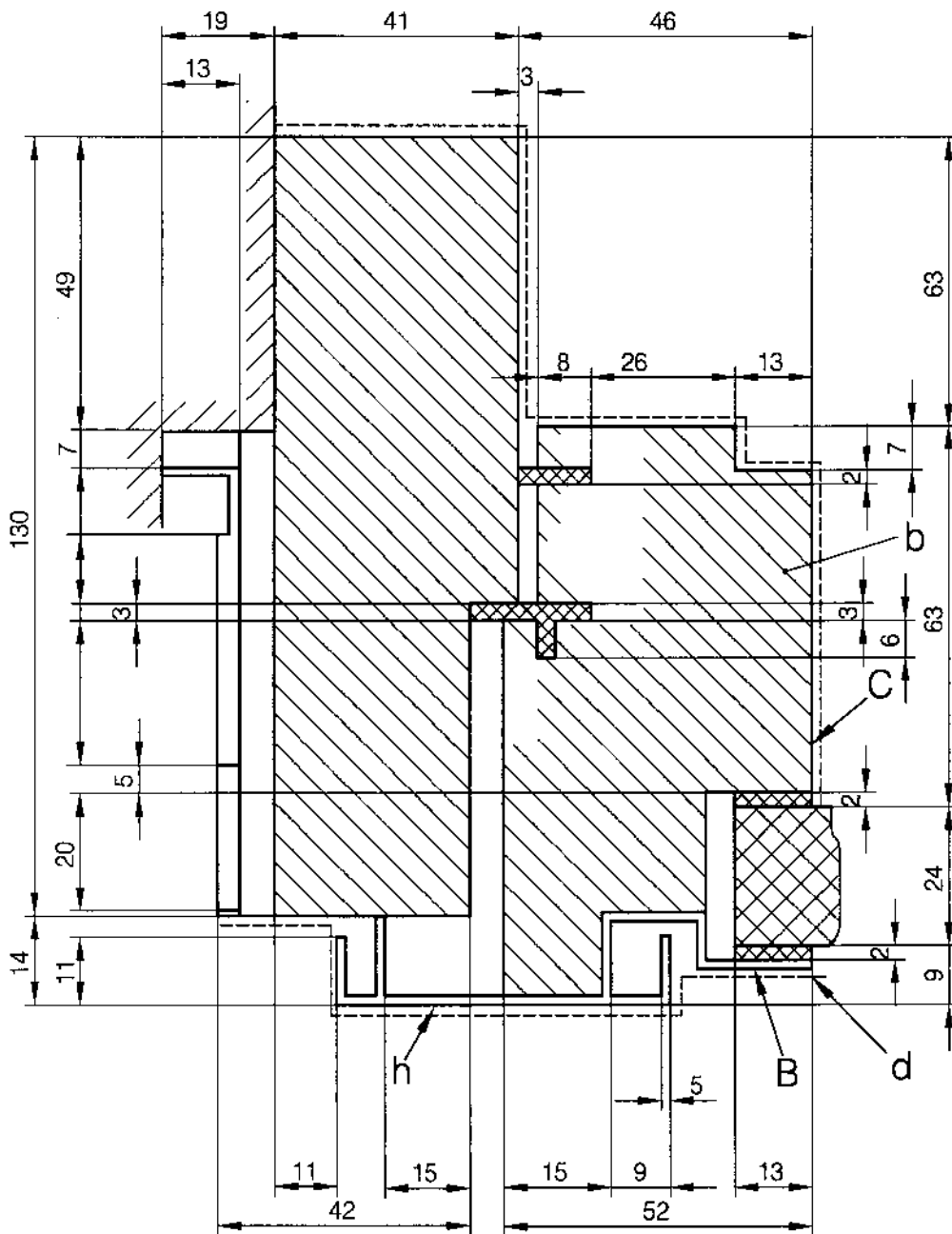
Dimensiones en milímetros



NOTA El ancho de marco proyectado, b_f , es de 110 mm.

Figura F.4 – Sección de marco de madera y panel de aislamiento

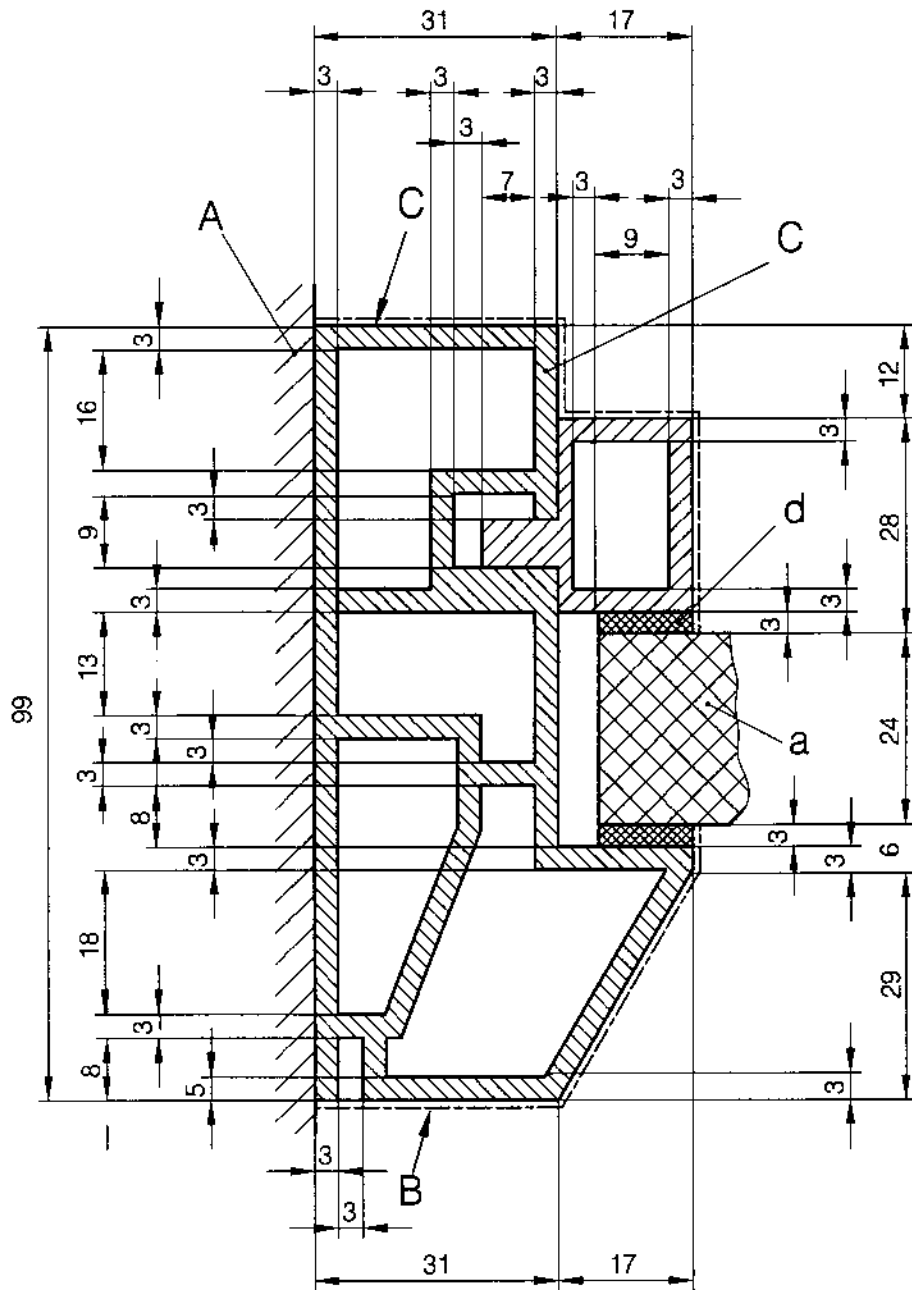
Dimensiones en milímetro



NOTA El ancho de marco proyectado, b_f , es de 89mm.

Figura F.5 – Sección de marco de ventana de tejado y panel de aislamiento

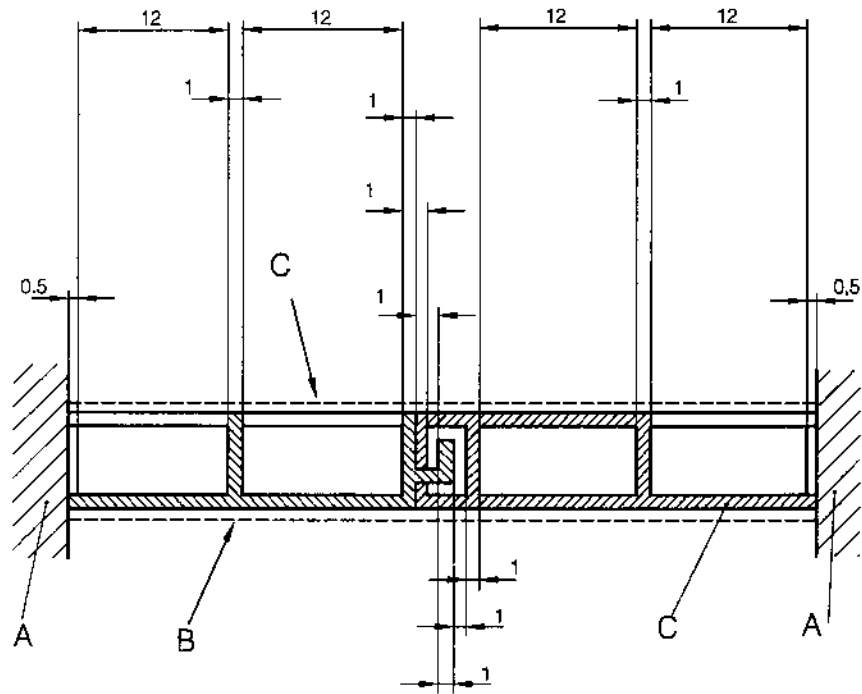
Dimensiones en milímetros



NOTA El ancho de marco proyectado, b_f , es de 48 mm.

Figura F.7 – Sección de marco fijo y panel de aislamiento

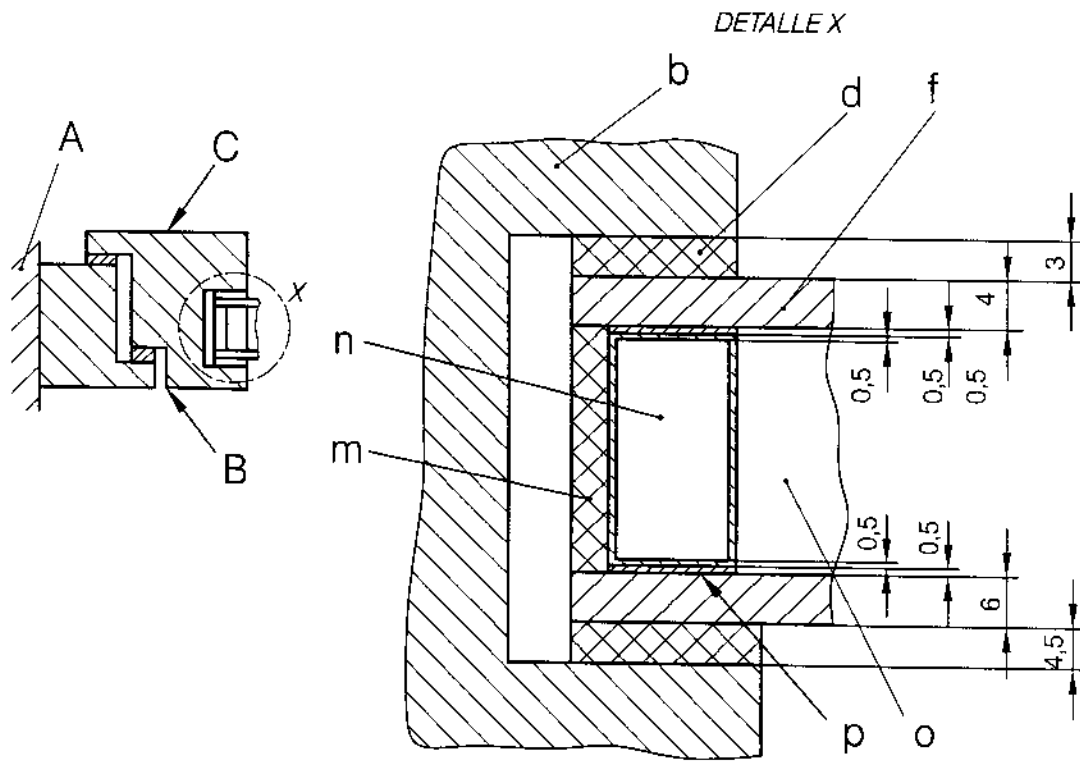
Dimensiones en milímetros



NOTA El perfil de persiana PVC, b_f es de 57 mm.

Figura F.9 – Perfil de persiana PVC

Dimensiones en milímetros



NOTA Ver Figura E.5.

Figura F.10 – Ejemplo para la determinación de una transmitancia térmica lineal de una sección de marco de madera y de un acristalamiento con $U_g = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ con un sistema de borde de vidrio convencional

Para lograr una transmitancia térmica de la unidad de acristalamiento aislante, U_g , de $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, el espacio de la unidad de acristalamiento aislante se llena con un material sólido marcado "o" con una conductividad térmica de $0,034 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

F.3 Resultados

Tabla F.3 – Conductancia térmica L^{2D} calculada y transmitancia térmica

Ejemplo	L^{2D} W/(m·K)	U_f W/(m ² ·K)
Figura F.1	0,550 (0,007)	3,22 (0,06)
Figura F.2	0,263 (0,001)	1,44 (0,03)
Figura F.3	0,424 (0,006)	2,07 (0,06)
Figura F.4	0,346 (0,001)	1,36 (0,01)
Figura F.5	0,408 (0,007)	2,08 (0,08)
Figura F.6	0,659 (0,008)	4,67 (0,09)
Figura F.7	0,258 (0,002)	1,31 (0,03)
Figura F.8	0,181 (0,003)	1,05 (0,02)
Figura F.9	0,207 (0,001)	3,64 (0,01)

NOTA Para evitar errores de redondeo los valores se dan a tres figuras significativas.

Tabla F.4 – Conductancia térmica L_{ψ}^{2D} calculada y transmitancia térmica lineal

Ejemplo	L_{ψ}^{2D} (m·K)	ψ W/(m·K)
Figura F.10	0,481 (0,004)	0,084 (0,004)

Los datos entre paréntesis en Tablas F.3 y F.4 son desviaciones estándares del cálculo rotativo de nueve instituciones de Europa y América del Norte (junio 2000).

Anexo G (normativo)

Especies de madera enlistadas en Anexo A

Nombre botánico	Código	Nombre en español	Nombre en inglés	Nombre en francés	Nombre en alemán
<i>Abies alba</i>	ABAL	Abeto blanco	silver fir	sapin blanc	Tanne, Weißtanne
<i>Azelia spp.</i>	AFXX	Azelia	Azelia	doussié	Azelia
<i>Calophyllum spp.</i>	CLXX	Palo María	Bintangor	bintangor	Bintangor
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	ENCY	Sapeli	sapele	sapelli	Sapelli
<i>Entandrophragma utile</i>	ENUT	Sipo	utile	sipo	Sipo
<i>Eucalyptus delegatensis</i> <i>Eucalyptus obliqua</i> <i>Eucalyptus regnans</i>	EUXX	"Roble de Tasmania"	"Tasmanian oak"	« chêne de Tasmanie »	„Tasmanian oak“
<i>Eucalyptus globulus</i>	EUGL	Eucalipto azul	southern blue gum	eucalyptus bleu	Blue gum, Globulus
<i>Eucalyptus saligna</i> <i>Eucalyptus grandis</i> <i>Eucalyptus urophylla</i> <i>Eucalyptus uro-grandis</i>	EUSL EUGR EUUP EUUG	Eucalipto saligna Eucalipto rosado	saligna gum eucalyptus	eucalyptus saligna eucalyptus	Sidney blue gum Eukalyptus
<i>Heritiera spp.</i>	HEXM	Mengkulang	mengkulang	mengkulang	Mengkulang
<i>Heritiera utilis</i> <i>Heritiera densiflora</i>	HEXN	Niangón	niangon	niangon	Niangon
<i>Intsia bijuga</i> <i>Intsia palembanica</i>	INXX	Merbau	merbau	merbau	Merbau
<i>Khaya spp.</i>	KHXX	Khaya	African mahogany	Acajou d'afrique	Khaya (Mahagoni)
<i>Larix spp.</i> <i>Larix decidua</i> <i>Larix x eurolepis</i> <i>Larix gmelina</i> <i>Larix occarpa</i>	LAXX LADC LAER LAGM LAOC	Alerce Alerce europeo Alerce de Dunkeld Alerce siberiano Alerce occidental	Larch European larch Dunkeld larch Siberian larch Western larch	mélèze mélèze d'Europe mélèze de Dunkeld mélèze de Sibérie western larch	Lärche Lärche Dunkeld-Lärche Sibirische Lärche Kanadische Lärche
<i>Milicia excels</i> <i>Milicia regia</i>	MIXX	Iroko	iroko	iroko	Iroko, Kambala
<i>Ocotea rubra</i>	OCRB	Louro rojo	red louro	louro vermelho	Louro vermelho
<i>Picea abies</i>	PCAB	Picea de Noruega	silver fir	sapin blanc	Tanne, Weißtanne
<i>Picea glauca</i>	PCGL	Picea blanca	Azelia	doussié	Azelia

(continúa)

(conclusión)

Nombre botánico	Código	Nombre en español	Nombre en Inglés	Nombre en francés	Nombre en alemán
<i>Picea sitchensis</i>	PCST	Picea de Sitka	Bintangor	bintangor	Bintangor
<i>Parashorea spp.</i>	PHMG	Meranti gerutu	sapele	sapelli	Sapelli
<i>Parashorea spp.</i>	PHWS	Seraya blanca	utiie	sipo	Sipo
<i>Pometia pinnata</i>	PMPN	Kasai	"Tasmanian oak"	«chêne de Tasmanie»	„Tasmanian oak“
<i>Pinus contorta</i>	PNCN	Pino de Murray	southern blue gum	eucalyptus bleu	Blue gum, Globulus
<i>Pinus sylvestris</i>	PNSY	Pino silvestre	saligna gum eucalyptus	eucalyptus saligna eucalyptus	Sidney blue gum Eukalyptus
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	PSMN	Pino de Oregón	mengkulang	mengkulang	Mengkulang
<i>Quercus spp.</i>	QCXA QCXE	Roble blanco estadounidense Roble europeo	niangon	niangon	Niangon
<i>Robinia pseudoacacia</i>	ROPS	Falsa acacia	merbau	merbau	Merbau
<i>Shorea spp.</i>	SHDR	Meranti rojo oscuro	African mahogany	Acajou d'afrique	Khaya (Mahagoni)
<i>Shorea spp.</i>	SHLR	Meranti rojo claro	Larch European larch Dunkeld larch Siberian larch Western larch	mélèze mélèze d'Europe mélèze de Dunkeld mélèze de Sibérie western larch	Lärche Lärche Dunkeld-Lärche Sibirische Lärche Kanadische Lärche
<i>Swietenia macrophylla</i>	SWMC	Caoba americana ^a	iroko	iroko	Iroko, Kambala
<i>Tectona grandis</i>	TEGR	Teca	red louro	louro vermelho	Louro vermelho
<i>Terminalia ivorensis</i>	TMIV	Framiré	silver fir	sapin blanc	Tanne, Weißtanne
<i>Tieghemella africana</i>	TGAF	Makoré	Afzelia	doussié	Afzelia
<i>Tieghemella heckelii</i>	TGHC	Makoré			
<i>Thuja plicata</i>	THPL	"Cedro rojo occidental"	Bintangor	bintangor	Bintangor
<i>Tsuga heterophylla</i>	TSHT	Tsuga del Pacífico	sapele	sapelli	Sapelli

^a Las especies *Swietenia macrophylla* (SWMC, caoba americana) se enlista como "especie amenazada" bajo el acuerdo CITES. Por lo tanto, su disponibilidad puede estar restringida.

NOTA 1 Los códigos y nombres se obtuvieron de EN 13556, en donde fue posible.

NOTA 2 La abreviación spp. (species pluralis) significa que dicha variedad puede contemplar maderas (similares) que se originan de diversas especies botánicas.

NOTA 3 Los nombres en comillas (" ") son nombres comerciales que se han vuelto comunes por una larga tradición de uso. Sin embargo, dichas denominaciones no son correctas desde un punto de vista botánico.

Anexo H
(informativo)

Bibliografía

- [1] ISO 6946, *Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method.*
- [2] ISO 10077-1, *Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: General.*
- [3] ISO 12631, *Thermal performance of curtain walling - Calculation of thermal transmittance.*
- [4] ISO 15099, *Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations.*
- [5] ISO/TR 52000-2, *Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 2: Explanation and justification of ISO 52000 1.*
- [6] ISO/TR 52022-2, *Energy performance of buildings - Thermal, solar and daylight properties of building components and elements - Part 2: Explanation and justification.*
- [7] EN 12412-2, *Thermal performance of windows, doors and shutters - Determination of thermal transmittance by hot box method - Part 2: Frames.*
- [8] EN 12664, *Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products of medium and low thermal resistance.*
- [9] EN 13556, *Round and sawn timber - Nomenclature of timbers used in Europe.*
- [10] CEN/TS 16628, *Energy Performance of Buildings - Basic principles for the set of EPB standards.*
- [11] CEN/TS 16629, *Energy Performance of Buildings - Detailed technical rules for the set of EPB standards.*
- [12] IFT ROSENHEIM, *Thermally improved spacers - Part 1: Determination of representative Ψ values for profile sections of windows, ift Guideline WA-08engl/3, February 2015.*