

EDITA**ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y DE LA REFRIGERACIÓN - ACAIRE**

Calle 70 No. 12-85 Bogotá D.C., Colombia
Teléfonos: (057-1) 3131468 / 3455372 / 3455375
Fax: (057-1) 2489223
Correos: acaire@acaire.org
acairecolombia@etb.net.co
www.acaire.org

Miembros Junta de Dirección General Acaire 2007 – 2008

Fabio Clavijo, TECNAIRE LTDA – Presidente
Yohanna Alzamora, SERVIPARAMO S.A. – Vicepresidente
Andrés Velásquez, ISLATECH LTDA.
Ángela Pachón, FIBERGLASS COLOMBIA S.A.
Camilo Botero
Mauricio Gleiser
Rodrigo Vásquez, COMERCIAL Y SERVICIOS LARCO CSL S.A
Giovanni Barletta, EMERSON ELECTRIC DE COLOMBIA
José Arias, REFRI - AUTO LTDA.
José Mauricio Pardo, UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Leonardo Castiblanco
Luis Gay Salvino
Luis Fernando Espinosa, ESPINOSA INGENIERÍA
Silvio Toro

Claudia Sánchez Méndez - Directora Ejecutiva

PRÓLOGO

Los documentos Buenas Prácticas de Ingeniería ACAIRE responden a la necesidad de la Asociación y del sector de contar con guías y recomendaciones, aplicables a nuestro medio y en un lenguaje técnico sencillo, sobre temas específicos de la actividad de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración - CVAR - que hoy en día son de práctica regular a nivel mundial.

Este esfuerzo es el resultado de la gestión y compromiso de la Junta de Dirección General de ACAIRE 2007 – 2008 y, de manera especial, del Comité de Normalización, cuyos miembros han dedicado su valioso tiempo a las múltiples revisiones y correcciones que ha generado el proceso. A ellos nuestro más profundo agradecimiento.

Este documento fue desarrollado con base en directrices formuladas por la JDG de ACAIRE, supervisado por el Comité de Normalización y con el valioso aporte investigativo y de recopilación del señor. Hermann David Clavijo Contreras – estudiante de último semestre de la Universidad Santo Tomás de Bogotá, a lo largo del primer semestre de 2007.

Invitamos a los lectores a que evalúen los documentos, los apliquen y apoyen esta gestión con sus comentarios y observaciones.

LIMITACIONES

El contenido de los documentos no compromete a ACAIRE y su interpretación debe ser entendida como un esfuerzo para ofrecer criterios técnicos que mejoren el desempeño de los profesionales del sector.

Con la aplicación regular de estos derroteros en el trabajo de campo, se pretende beneficiar la calidad de las instalaciones, incrementar la vida útil de los equipos, optimizar los diseños y aportar conocimiento en la práctica general de la actividad profesional de CVAR por parte de técnicos e ingenieros especializados.

Por la aplicación del documento, ACAIRE no podrá ser sujeto de procesos legales o impugnaciones que atenten contra ella, sus directivos o autores.

El documento no puede ser reproducido para fines comerciales. En caso de utilización para fines académicos, se debe incluir el crédito de ACAIRE.

CONTENIDO	PÁGINAS
1. PROPÓSITO	7
2. GLOSARIO	7
3. CLASIFICACIÓN DEL AIRE	10
4. ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE	11
5. CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DEL AIRE	13
6. CLASIFICACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS DEL AIRE	13
7. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LOS CONTAMINANTES	14
7.1 ELIMINACIÓN O MODIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE CONTAMINANTES	14
7.2 USO DE AIRE EXTERIOR	15
7.3 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE EN EL ESPACIO	15
7.4 LIMPIEZA DEL AIRE	16
7.41. ESTERILIZACIÓN CON LUZ ULTRAVIOLETA UVC	16
7.4.1.1 REQUERIMIENTOS DE SELECCIÓN	17
8. PROCEDIMIENTOS PARA OBTENER CALIDAD ACEPTABLE DE AIRE EN INTERIORES	19
8.1 PROCEDIMIENTO PARA TASA DE VENTILACIÓN	19
8.1.1 AIRE EXTERIOR ACEPTABLE Y SU TRATAMIENTO	20
8.1.2 REQUERIMIENTOS DE VENTILACIÓN	22
8.1.2.1 ESPACIOS MÚLTIPLES	22
8.1.2.2 OCUPACIÓN INTERMITENTE	24

8.1.2.3 RECIRCULACIÓN	26
8.1.2.4 RENOVACIÓN	30
8.2 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR	32
8.2.1 EVALUACIÓN CUANTITATIVA	33
8.2.2 EVALUACIÓN SUBJETIVA	33
9. NIVELES ACEPTABLES DE HUMEDAD	34
9.1 CRITERIO DE CONFORT PARA PERSONAS	34
10. SISTEMAS Y EQUIPOS	35
10.1 UBICACIÓN Y TAMAÑOS DE LA APLICACIÓN	35
10.2 CONTROL Y ACCESIBILIDAD	36
BIBLIOGRAFIA	37
LISTA DE TABLAS	38
LISTA DE FIGURAS	39

1. PROPÓSITO

El propósito de este documento es especificar las tasas máximas de ventilación y calidad de aire en interiores, aceptables para los ocupantes humanos al tiempo que pretende minimizar la posibilidad de efectos adversos para la salud.

2. GLOSARIO

Los siguientes términos serán interpretados en este documento de acuerdo con las siguientes definiciones (ver figura 1):

AIRE DE ESCAPE: aire que sale por un escape y se descarga fuera de una edificación mediante sistemas mecánicos o naturales.

AIRE EXTERIOR: aire del ambiente que entra a un edificio por medio de un sistema de ventilación, de forma natural o por infiltración.

AIRE DE MEDIO AMBIENTE: aire que rodea un objeto.

AIRE, MEZCLA DE: cualquier combinación de aire exterior y aire trasladado con la intención de reemplazar el aire del escape y el filtrado.

AIRE DE RETORNO: aire retirado de un espacio para recircularlo o permitir que escape nuevamente.

AIRE RECIRCULADO: aire que se retira de un espacio y se utiliza nuevamente como suministro de aire

AIRE DE SUMINISTRO: aire suministrado a un espacio, por ventilación mecánica o natural, formado por una combinación de aire exterior, aire recirculado y aire transferido.

AIRE TRANSFERIDO: aire que pasa de un espacio interior a otro.

AIRE DE VENTILACIÓN: es la porción de suministro de aire que es aire exterior, además de cualquier aire recirculado, el cual ha sido tratado con el fin de mantener una calidad aceptable de aire interior.

CALIDAD ACEPTABLE DEL AIRE INTERIOR: aire en el cual no hay contaminantes conocidos en concentraciones considerables, con el cual, una mayoría de las personas expuestas (80% o más) no expresa su inconformidad. El término aire interior, para efectos de esta guía, debe entenderse y aplicarse a ambientes de interior no industriales tales como edificios de oficinas, edificios públicos (colegios, hospitales, teatros, restaurantes, etc.) y viviendas particulares.

CONCENTRACIÓN: es la cantidad dispersa de uno de los contribuyentes en una u otra cantidad definida.

CONTAMINANTE: un constituyente indeseado del aire, el cual puede reducir su aceptabilidad.

ESPACIO ACONDICIONADO: la parte de una edificación con calefacción o enfriamiento, o ambas cosas, para comodidad de los ocupantes.

ESPACIO NETO OCUPABLE: el área del piso de un espacio ocupable definido por las superficies interiores de sus paredes, excluyendo conductos, columnas, alacenas y otras aéreas cerradas, permanentemente inaccesibles y que no se puedan ocupar. Las obstrucciones del espacio como muebles, mostradores o anaqueles, bien sea temporales o permanentes, no se restan del área de espacio.

ESPACIO OCUPABLE: un espacio cerrado destinado a actividades humanas, excluyendo espacios destinados para otros fines como bodegas y salones de equipos, ocupados ocasionalmente y durante periodos muy cortos.

EX FILTRACIÓN: fugas de aire hacia fuera por ranuras e intersticios y por el techo, pisos y paredes de un espacio o edificio.

FÁCILMENTE ACCESIBLE: que se puede alcanzar rápidamente para hacerlo funcionar sin exigir que las personas que necesitan el acceso fácil tengan que subir o retirar obstáculos o acudir a escaleras portátiles, sillas u otras ayudas para subir.

INFILTRACIÓN: fuga de aire hacia adentro por ranuras e intersticios y a través del techo, piso y paredes de un espacio o edificio.

MICROORGANISMOS: un organismo microscópico, especialmente una bacteria, hongo o protozoo.

SISTEMAS DE LIMPIEZA DE AIRE: dispositivo o combinación de dispositivos, utilizados para reducir la concentración de contaminantes en el aire, por ejemplo: microorganismos, polvo, humo, partículas respirables u otro material particulado, gases y/o vapores en el aire.

SISTEMA DE VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA: un dispositivo o una combinación de dispositivos, utilizados para suministrar aire exterior para ventilación, en el cual la energía se transfiere entre los flujos de aire de entrada y de salida.

OLOR: una cantidad de los gases, líquidos o partículas que estimulan el órgano olfativo.

VENTILACIÓN: el proceso de suministrar o retirar aire de un espacio con el fin de controlar los niveles de contaminación del aire, la humedad o la temperatura dentro del espacio.

VENTILACIÓN MECÁNICA: ventilación suministrada mediante equipos con energía mecánica, como ventiladores y sopladores eléctricos pero no mediante dispositivos como ventiladores de turbina impulsada por aire y ventanas que funcionan mecánicamente.

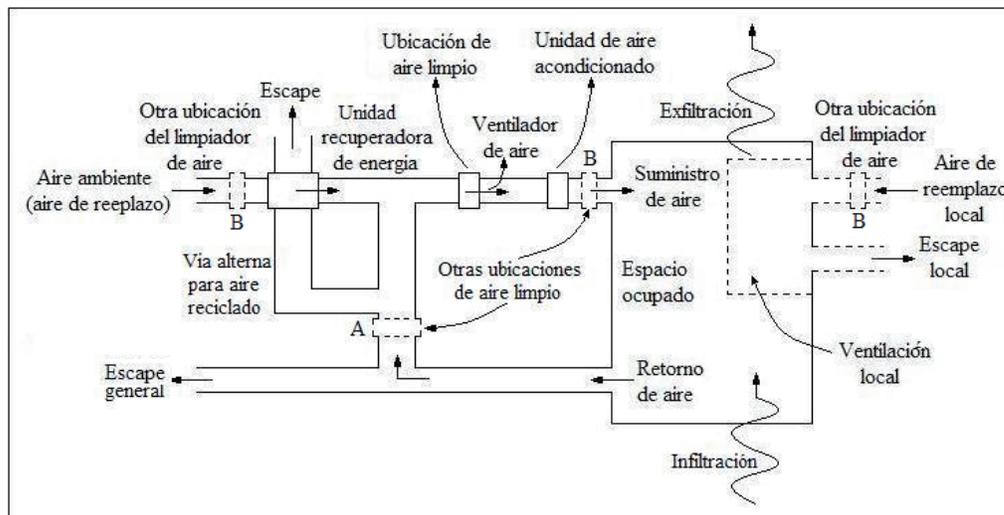
VENTILACIÓN NATURAL: ventilación suministrada por efectos térmicos, de viento o difusión a través de puertas, ventanas y otras aperturas intencionales de la edificación.

VOLUMEN (espacio): el volumen total que se puede ocupar en un espacio encerrado dentro del edificio, además de cualquier espacio permanentemente abierto hacia el espacio que se puede ocupar, como un techo y que se usa como plenum de un retorno.

ZONA OCUPADA: la región, dentro de un espacio ocupado entre planos de 75mm y 1800mm sobre el piso y más de 600mm de las paredes o del equipo fijo de aire acondicionado.¹

¹ ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.

Figura 1. Sistema de ventilación



Fuente: NTC 5183 de 2003.

3. CLASIFICACIÓN DEL AIRE²

Las zonas se pueden clasificar de acuerdo con su nivel de impacto ambiental:

Clase 1: aire con baja concentración de contaminantes, olores tolerables y bajo potencial de irritación. Adecuado para recirculación y transferencia a cualquier espacio.

Clase 2: aire con contaminantes, olores y potencial de irritación moderado. Puede ser transferido o recirculado a cualquier espacio, bajo la advertencia que estos espacios tengan propósitos y fuentes de contaminantes similares.

Clase 3: con contaminantes, olores y potencial de irritación considerables. Puede ser transferido o recirculado solamente dentro del mismo espacio.

Clase 4: altamente desagradable como humos, gases o contaminantes potencialmente peligrosos en concentraciones dañinas. No es adecuado para transferirlo o recircularlo.

² Clasificación del aire, traducido y adaptado del Standard 62.1-2007 ANSI/ASHRAE

4. ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE

El Índice de calidad de aire AQI, (por sus siglas en inglés) es un índice usado por la EPA (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos, para dar información oportuna y fácil de comprender sobre la calidad del aire en un determinado lugar. También indica si los niveles de polución son perjudiciales a la salud.

El AQI relaciona escalas y colores para indicar el nivel de calidad de aire y su implicación sobre la salud de sus ocupantes. El AQI se divide en seis categorías y a cada categoría se le asocia un color que permite visualizar en forma directa la calidad del aire.

Cuando resulte necesario, se recomienda especificar mediante el código de color y el índice más aproximado, en los diseños de los sistemas de ventilación. Por lo general, estas especificaciones se incluyen en proyectos que impactan la salud y en áreas industriales en las cuales se requiere notificar el impacto que estas tienen sobre el medio circundante.

A continuación se muestra la tabla que relaciona la clase de partícula respecto al índice de calidad del aire.

Tabla 1. Partículas e índice de calidad de aire y problemas en la salud.

Valores AQI	Color	Descripción de la calidad del aire	Problemas en la Salud	
			PM2.5	PM10
0-50	Verde	Buena	Ninguno	Ninguno
51-100	Amarillo	Moderada	Ninguno	Ninguno
101 - 150	Naranja	Insalubre para grupos sensitivos	Personas con enfermedades respiratorias o del corazón, deben limitar esfuerzos prolongados.	Personas con enfermedades de las vías respiratorias, deben limitar esfuerzos al aire libre.
151 - 200	Rojo	Insalubre	Personas con enfermedades respiratorias o del corazón, los ancianos y los niños deben evitar esforzarse prolongadamente. Los demás deben limitar esfuerzo prolongado.	Personas con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar esforzarse al aire libre, los demás, especialmente los ancianos y niños deben limitar esforzarse al aire libre prolongadamente.
201 - 300	Morado	Muy Insalubre	Personas con enfermedades respiratorias o del corazón, ancianos y los niños deben evitar esforzarse prolongadamente. Los demás deben limitar esfuerzo prolongado.	Personas con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar esforzarse al aire libre. Los demás, especialmente ancianos y niños deben limitar esfuerzo al aire libre prolongado.
301 - 500	Café	Peligroso	Todos los habitantes deben evitar cualquier esfuerzo al aire libre; personas con enfermedades del corazón o respiratorias deben permanecer en casa.	Todos los habitantes deben evitar cualquier esfuerzo al aire libre. Personas con enfermedades respiratorias como asma, deben permanecer en casa.

Fuente: Clasificación del aire, traducido y adaptado del Standard 62.1-2007 ANSI/ASHRAE.

5. CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DEL AIRE

Las partículas pueden existir en cualquier forma, tamaño y estas pueden ser partículas sólidas o gotas líquidas. Se dividen a las partículas en dos grupos principales. Estos grupos difieren en varias formas. Una de las diferencias es el tamaño. A las más grandes se les denomina PM10 y las más pequeñas se les denominan PM2.5.

Grandes: las partículas grandes miden entre 2.5 y 10 micrómetros. Estas partículas son llamadas PM10 (se entenderá por PM diez, como partículas de hasta 10 micrómetros de diámetro). Ejemplo: humo, tierra y polvo, tóxicos de las fábricas, la agricultura y la calle, mohos, esporas y polen, entre otros.

Pequeñas: las partículas pequeñas son menores a 2.5 micrómetros. Estas partículas son conocidas como PM 2.5 (se entenderá por PM dos punto cinco, como partículas de hasta 2.5 micrómetros de diámetro). Ejemplo: compuestos orgánicos, metales pesados, entre otros.³

6. CLASIFICACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS DEL AIRE

En el aire interior hay cientos de compuestos químicos orgánicos, aunque la mayoría está presente en concentraciones muy bajas. Tales compuestos pueden agruparse en función de su punto de ebullición. En la siguiente tabla se muestra una clasificación que identifica cuatro grupos de compuestos orgánicos:

- a) Compuestos orgánicos muy volátiles (COMV)
- b) Compuestos orgánicos volátiles (COV)
- c) Compuestos orgánicos semi volátiles (COSV)
- d) Compuestos orgánicos asociados a partículas (COAP)

Los compuestos orgánicos de fase particulada se disuelven o adsorben en partículas. Pueden transformarse en vapor o en partículas, dependiendo de su volatilidad. Por ejemplo, los hidrocarburos poliaromáticos (HPA) constituidos por dos anillos de benceno fusionados (p. ej., el naftaleno) se encuentran principalmente en la fase de vapor y los constituidos por cinco anillos (p. ej., el benzapireno) predominantemente en la fase particulada.

³ Tomado de EPA, *The Particle Pollution Report Current Understanding of Air Quality and Emissions through*, 2003.

Tabla 2. Clasificación de los compuestos orgánicos del aire.

Fuente: Toxicología Ambiental, 2007.

Categoría	Descripción	Abreviatura	Rango de ebullición (°C)	Métodos de muestreo utilizados habitualmente en estudios de campo
1	Compuestos orgánicos muy volátiles (gaseosos)	COMV	<0 a 50-100	Muestreo de lotes; adsorción en carbón vegetal
2	Compuestos orgánicos volátiles	COV	50-100 a 240-260	Adsorción en Tenax, negro de humo molecular o carbón vegetal
3	Compuestos orgánicos semivolátiles	COSV	240-260 a 380-400	Adsorción en espuma de poliuretano o XAD-2
4	Compuestos orgánicos asociados a partículas o materia orgánica particulada	MOP	380	Filtros de recogida

7. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LOS CONTAMINANTES

Los siguientes son los cuatro métodos básicos que pueden garantizar calidad aceptable del aire en espacios interiores.

7.1 ELIMINACIÓN O MODIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE CONTAMINANTES

En el diseño de edificios nuevos o remodelaciones se debe hacer la especificación exacta de los materiales, muebles y equipos que pueden introducirse al edificio. En los edificios ya existentes se debe hacer la búsqueda y remoción de cualquier contaminante no deseable para las actividades que se realizan en dicho edificio.

La eliminación del humo dentro de un espacio interior constituye un enfoque aceptable para mejorar la calidad del aire en los edificios públicos y privados. Se puede citar como referencia el Código de Policía Colombiano, el cual prohíbe fumar dentro de ciertos tipos de instalaciones. Las personas que laboran o conviven en edificios con estas restricciones deben disponer de áreas especiales, en donde el impacto de esta acción sea mínimo.

El almacenamiento de pinturas, solventes, limpiadores, insecticidas y otros compuestos volátiles dentro de un edificio o en algún lugar cercano a las tomas de aire contribuyen al deterioro de la calidad del aire. Por tal razón, se recomienda quitarlos o reubicarlos en zonas retiradas del espacio donde se busca mantener la calidad aceptable del aire.

7.2 USO DE AIRE EXTERIOR

Los espacios interiores ocupados durante cualquier cantidad de tiempo, requieren la introducción de aire exterior para mantener un ambiente aceptable. Puesto que el aire exterior debe acondicionarse antes de entrar a un recinto, por razones de economía, se debe utilizar una cantidad mínima de este aire, con el fin de cumplir los requisitos mínimos de calidad del aire. En algunos lugares donde existen fuentes críticas de contaminantes cercanas a un edificio, el aire que rodea a este puede no estar libre de contaminantes.

Nota: Este tema se desarrollará más a fondo a partir del numeral 4. Procedimientos para obtener calidad aceptable de aire en interiores, basado en la norma ASHRAE .62-2004

7.3 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE EN EL ESPACIO

Cuando existen contaminantes en una edificación industrial, es necesario minimizar el proceso de mezclado de aire dentro del área ocupada. Esto puede lograrse hasta cierto grado, por medio de la ventilación por desplazamiento, que consiste en suministrar al espacio aire a baja velocidad y a una temperatura ligeramente menor que la temperatura deseada para el recinto. Este suministro de aire puede realizarse desde rejillas de ventilación que deberán estar ubicadas cerca del nivel del piso. En este sistema de rejillas para el aire de retorno, deberán estar ubicadas próximas al techo. El movimiento del aire es esencialmente vertical en la parte inferior del espacio ocupado y se recircula por encima del mismo. En este tipo de diseños existirá un gradiente vertical de temperatura en el espacio ocupado, el cual no deberá ser superior a 3°C o 5°F.

En algunas áreas especializadas, como ocurre con cuartos de lavado, se debe contar con un flujo totalmente unidireccional. En estos casos, el aire puede ser suministrado desde el techo y expulsado a través del piso, o viceversa. También puede ser suministrado por una pared y expulsado por la pared opuesta.

En un sistema de acondicionamiento especializado, las personas que se encuentran en el área ocupada pueden tener cierto control sobre el ambiente local. Normalmente se logra ajustando el volumen y la dirección del aire de suministro.

Cuando se puedan localizar las fuentes de los contaminantes, los malos olores pueden removerse del espacio acondicionado antes de que se difundan por toda la zona ocupada.

Esto implica controlar el movimiento del aire por medio de diferenciales de presión, ventiladores de extracción de aire o a través de una cuidadosa ubicación de los difusores de aire a la entrada y de las rejillas de extracción de aire.

Nota: Ubicar una rejilla de aire de retorno o un extractor de aire cerca de una fuente de contaminación suele ser insuficiente para remover todos los contaminantes antes de que llegue a algunos de los ocupantes.

7.4 LIMPIEZA DEL AIRE

La limpieza del aire recirculado en combinación con la introducción del aire exterior, la reducción de fuentes internas y una buena distribución del aire, con frecuencia se puede convertir en una solución económica y conveniente para el control de la calidad del aire en espacios interiores.

7.4.1. ESTERILIZACIÓN CON LUZ ULTRAVIOLETA UVC

Otra forma de mantener aceptable la cantidad del aire y de esta forma prevenir enfermedades es mediante la utilización de un esterilizador ultra-violeta.

La radiación ultra-violeta provoca cambios en los enlaces químicos de las moléculas de ADN de las células expuestas, evitando su multiplicación y destruyéndolas. Así se pueden eliminar microorganismos que se encuentren en el aire, tales como: algas, parásitos, hongos, bacterias y virus.

Se denomina ultra-violeta a la radiación electromagnética, cuyas longitudes de onda ocupan la banda que se encuentra después del color violeta de luz visible y antes del comienzo de la banda de rayos X.

Las longitudes de onda de la radiación Ultra-Violeta van desde los 400nm a los 100nm y se divide en tres bandas:

- UV-A (onda larga) 315nm a 400nm
- UV-B (onda media) 280nm a 315nm
- UV-C (onda corta) 100nm a 280nm

7.4.1.1 REQUERIMIENTOS DE SELECCIÓN

Los rayos UV-C son los que tienen mayores efectos sobre los microorganismos y por lo tanto son los utilizados en dispositivos de esterilización de aire.

En la siguiente tabla se indican las dosis mínimas de radiación en J/m² para destruir distintos porcentajes de microorganismos comunes en aire seco.

Tabla 3. Radiación mínima para destrucción de microorganismos.

Organismos Destruídos [%]	Dosis Radiación [J /m ²]
10	1.3
18	2.6
33	3.4
50	9.1
63	13.1
80	20.9
86	26.1
90	30.0
95	39
98	51
99	60
99.5	69
99,8	81
99,9	90
99,9	120

Fuente: Estándar ANSI/ASHRAE 62-2004

Para determinar el tiempo de radiación, se calcula a partir de la dosis que requiere el organismo y la irradiación incidente de rayos UV-C de longitud de onda de 254nm.

$$t [s] = \frac{D [J/m^2]}{I [W]}$$

En la siguiente tabla se muestran las dosis mínimas de radiación en J/m² para destruir algunos microorganismos comunes del aire húmedo y de concentraciones pequeñas de agua.

Tabla 4. Dosis mínima aproximada de radiación a 254nm para la destrucción del 90% de algunos microorganismos.

Organismo	Nombre	Dosis Radiación [J /m ²]
Bacterias	Bacillus anthracis	45
	B. megatherium (veg)	11
	B. megatherium (esporas)	27
	B. subtilis	70
	B. subtilis (esporas)	120
	Escherichia coli	30
	Mycobacterium tuberculosis	62
	Pseudomonas aeruginosa	55
	Pseudomonas fluorescens	35
	Salmonella enteritis	40
	Sarcina lutea	197
	Staphylococcus aureus	26
	Streptococcus hemolyticus	22
	Mycobacterium tuberculi	100
	Vibrio comma-Cholera	34
Algas	Diatomeas	3600-6000
	Alga verde	3600-6000
	Alga azul	3600-6000
Protozoo	Paramecium	640-1000
Gusanos	Nematode (huevos)	400

Fuente: Estándar ANSI/ASHRAE 62-2004

La dosis necesaria para obtener un porcentaje de destrucción o desinfección distinto al 90% (indicado en la anterior tabla) de un determinado organismo se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$D2 = D1 * \frac{\ln(N / (N - Nk2))}{\ln(N / (N - Nk1))}$$

En donde:

N = % organismos inicial (100%)

Nk1 = % organismos que se eliminan con la dosis indicada en Tabla 2 (90%)

Nk2 = % organismos a eliminar

D1 = dosis para eliminar el 90%

D2 = dosis para eliminar el % deseado

8. PROCEDIMIENTOS PARA OBTENER CALIDAD ACEPTABLE DE AIRE EN INTERIORES

La calidad de del aire interior es una función de muchos parámetros, incluyendo la calidad del aire exterior, el diseño de los espacios cerrados, el diseño, funcionamiento y mantenimiento del sistema de ventilación y la presencia y potencia de fuentes contaminantes.

Los documentos de diseño deberán indicar claramente cuales presunciones se utilizaron para el diseño, de manera que otras personas puedan evaluar los límites del sistema, en cuanto a la remoción de contaminantes, antes de poner a funcionar el sistema o hacerle algún tipo de modificación o alteración.

8.1 PROCEDIMIENTO PARA TASA DE VENTILACIÓN

Siempre que se use el procedimiento de tasa de ventilación, la documentación del diseño deberá especificar claramente que se uso el método y que será necesario volver a evaluar el diseño si posteriormente cambia el espacio, o si se introducen contaminantes inusuales o contaminantes específicos en el espacio. Si se conocen tales condiciones al momento de diseñar, es conveniente usar el Procedimiento de Calidad del Aire Interior.

El procedimiento de calidad del aire interior puede dar como resultado una tasa de ventilación menor de la que resultaría del primer procedimiento, pero la presencia de una fuente especial de contaminación en el espacio puede exigir mayores requisitos de ventilación. El cambio de uso, los contaminantes o las operaciones en el espacio pueden exigir una nueva evaluación del diseño e implementación de los cambios necesarios.

8.1.1 AIRE EXTERIOR ACEPTABLE Y SU TRATAMIENTO

De la siguiente manera se evaluará si el aire exterior es aceptable:

- Los contaminantes del aire exterior no deben superar las concentraciones indicadas en la tabla 1, de acuerdo con las siguientes condiciones:
- Datos de vigilancia de agencias gubernamentales de control de la contaminación, por ejemplo el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, La red de monitoreo de calidad de aire de Bogotá, observatorios urbanos de Colombia o autoridades de protección ambiental estatales o locales, las cuales demuestren que la calidad del aire del área en la cual se ubica el sistema de ventilación cumple los requisitos de la tabla 5.
- El sistema de ventilación está situado en una comunidad cuya población es similar geográficamente y meteorológicamente, con un patrón industrial que permita una calidad aceptable de aire.
- El sistema de ventilación está ubicado en una comunidad con una población de menos de 20.000 habitantes y el aire no está influenciado por una o varias fuentes que puedan causar contaminación relevante.
- Se vigila el aire durante tres meses consecutivos de tal manera que la calidad de aire cumpla o supere los requisitos de la tabla 5.

Tabla 5. Normas primarias de calidad del ambiente para aire exterior, como lo especifica la agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos.

Contaminante	Largo plazo			Corto plazo		
	Concentración promedio			Concentración promedio		
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ppm		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	
Dióxido de sulfuro	80	0,03	1 año	365*	0,14	24 h
Partículas PM 10	50†	-	1 año	150	-	24 h
Monóxido de carbono	-	-	-	40.000	35	1 h
Monóxido de carbono	-	-	-	10.000	9	8 h
Oxidantes (ozono)	-	-	-	235	0,12	1 h
Dióxido de nitrógeno	100	0,055	1 año	-	-	-
Plomo	1,5	-	3 meses ††	-	-	-

*: No debe ser superior a una vez al año.

†: Promedio aritmético.

** : La norma se cumple cuando la cantidad esperada de días calendario al año durante los cuales se registra un promedio de concentración máxima horaria superior a $235 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,12 ppm) es igual o inferior a 1.

††: Un periodo de tres meses es un trimestre calendario.

Fuente: Traducido y adaptado del Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

Si los niveles de contaminantes del aire exterior superan los valores indicados de la tabla 5, se debe tratar el aire para controlar los contaminantes ofensivos. Se debe usar sistemas de limpieza de aire adecuados para el tamaño de las partículas presentes.

Cuando la mejor tecnología disponible, demostrada y probada, no permita la remoción de contaminantes, la cantidad de aire exterior se puede reducir parcialmente durante los periodos de mayor nivel de contaminación.

8.1.2 REQUERIMIENTOS DE VENTILACIÓN

Se considera que la calidad del aire interior es aceptable si se suministran las tasas requeridas de aire exterior aceptable incluidas en la tabla 6 para el espacio ocupado.

Excepción 1: Cuando hay o se espera presencia de contaminantes externos o fuentes inusuales, estos se controlan en la fuente.

La tabla 6 contiene una lista de las tasas de ventilación necesarias para una gran variedad de espacios interiores. En la mayor parte de los casos se presume que los contaminantes producidos deben ser proporcionales a la cantidad de personas que ocupan el espacio. En otros casos, se presume que la contaminación se debe a otros factores y las tasas de ventilación que se indican se basan en parámetros más adecuados. Cuando convenga, la tabla 6 indica la densidad estimada de personas, para fines de diseño.

8.1.2.1 ESPACIOS MÚLTIPLES

Cuando un sistema de suministro común sirve para varios espacios, la tasa de suministro de aire exterior necesaria para satisfacer los requisitos de control de ventilación puede ser diferente entre un espacio y otro. El sistema de cantidad de aire exterior se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{X}{[1 + X - Z]}$$

En donde:

$Y = V_{fte}/V_{fts}$ Fracción corregida del sistema de suministro del aire exterior.

$X = V_{fer}/V_{fts}$ Fracción no corregida del sistema de suministro del aire exterior.

$Z = V_{fec}/V_{fsc}$ Fracción de aire exterior en espacios críticos. El espacio crítico es aquel que requiere la mayor fracción de aire exterior para suministro a ese espacio.

Y a su vez:

$V_{fts}V_{fte}$: Relación de la tasa de flujo total del aire exterior.

$V_{fts}V_{fts}$: Tasa total de flujo de suministro.

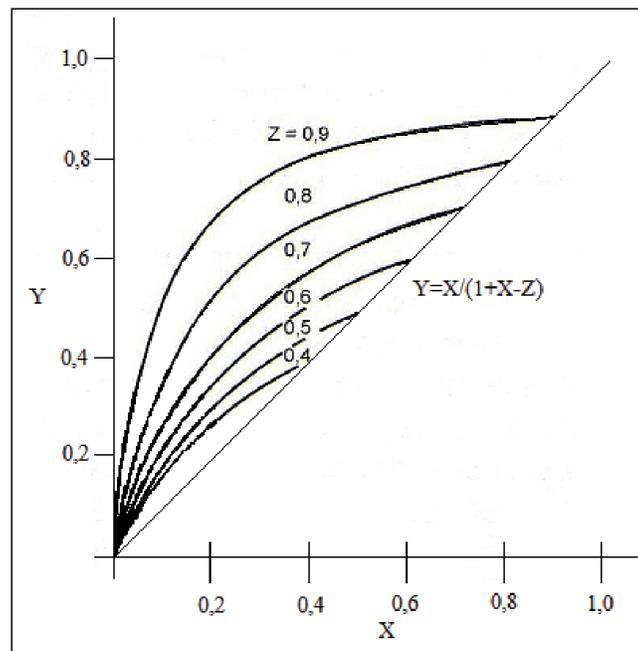
$V_{fer}V_{fer}$: Suma de las tasas de flujo de aire exterior para todas las ramas del sistema.

$V_{fsc}V_{fsc}$: Tasas de flujo de aire exterior necesaria para los espacios críticos.

$V_{fsc}V_{fsc}$: Tasa total de flujo de suministro en espacios críticos.

La ecuación es representada en la siguiente gráfica:

Figura 2. Reducción de la ventilación proveniente de una fuente común, en espacios múltiples.



Fuente: Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

El procedimiento es el siguiente:

- Se calcula la fracción de aire exterior sin corregir, dividiendo la suma de todas las ramas de aire exterior requerido por la suma de todas las ramas de tasa de flujo.
- Se calcula la fracción de aire del espacio crítico exterior, dividiendo el requisito de aire del espacio crítico exterior por la tasa de flujo de aire al espacio crítico.
- Se evalúa mediante el proceso de tasa de ventilación, o se usa la figura 2 para encontrar la fracción correcta del aire exterior que debe entrar al sistema de suministro.

Los espacios con sistema de espacio de aire, como las cocinas, baños y salones para fumadores, pueden utilizar aire suministrado a través de espacios habitables, ocupados, para compensar el aire de escape. La cantidad de aire suministrado deberá ser suficiente para cumplir los requisitos de la tabla 7 (ver recirculación).

En algunos casos, no es posible estimar exactamente la cantidad de personas, o ésta puede variar considerablemente.

En otros casos, un espacio puede necesitar ventilación para remover contaminantes generados dentro del espacio, pero no relacionados con la ocupación humana.

8.1.2.2 OCUPACIÓN INTERMITENTE

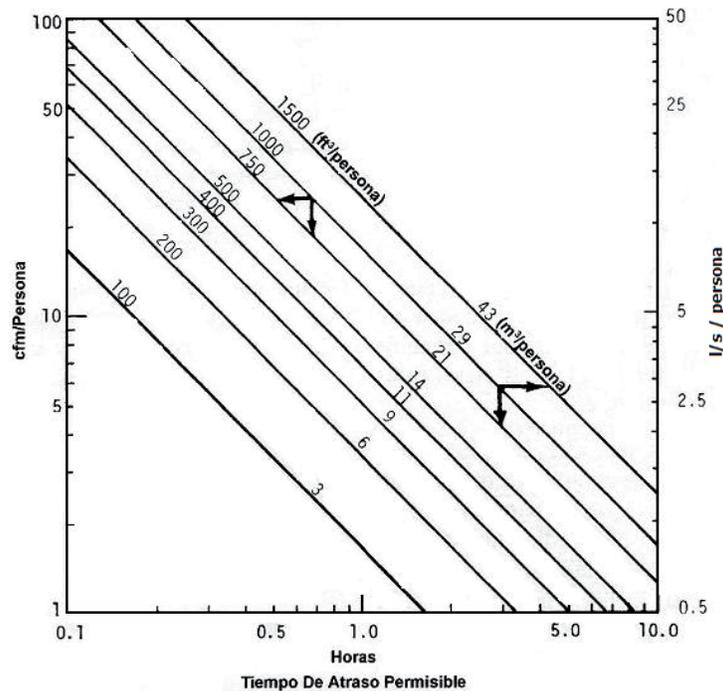
En los sistemas de ventilación para espacios con ocupación intermitente o variable se puede ajustar la cantidad de aire exterior con compuerta o haciendo funcionar intermitentemente el sistema de ventilación para obtener suficiente dilución y mantener los niveles de contaminantes a niveles aceptables en todo momento. Este sistema de ajuste puede ser posterior o anterior a la ocupación.

Cuando los contaminantes estén asociados solo con los ocupantes y sus actividades, no significan un peligro para la salud a corto plazo y se disipan durante los periodos sin ocupación para obtener el equivalente aceptable del aire exterior, el suministro de aire exterior puede ser posterior a la ocupación.

Cuando se generan los contaminantes dentro del espacio, o si el sistema de acondicionamiento es independiente de los ocupantes y sus actividades, la entrada de aire exterior debe preceder la ocupación para que existan condiciones aceptables de aire al empezar la ocupación.

La siguiente figura indica los tiempos de atraso para alcanzar condiciones aceptables para ocupación transitoria.

Figura 3. Tiempo de atraso máximo permisible.



Fuente: Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE

Procedimiento:

- Calcule la capacidad de aire por persona en un espacio en m³ o ft³.
- Encontrar la tasa de ventilación requerido, en l/s o cfm por persona.
- Ubicar estos valores en la figura 3 y leer el tiempo máximo de atraso permisible en la ventilación.

8.1.2.3 RECIRCULACIÓN

Aunque los requisitos de la cantidad de aire para ventilación, indicados en la tabla 6, son para 100% de exterior, también fijan la cantidad de aire necesario para diluir los contaminantes a niveles aceptables. Por lo tanto, es necesario que entre al espacio acondicionado una cantidad no menor de aire, todo el tiempo mientras el edificio esté en uso.

Se puede recircular aire purificado adecuadamente. Con el procedimiento de tasa de ventilación, cuando la ocupación no es intermitente, no se deben reducir las tasas de flujo de aire exterior a menos de la requerida en la tabla 6. Si el aire está limpio, el aire recirculado se puede usar para reducir la tasa de flujo de aire exterior. El sistema de purificación del aire recirculado puede estar situado en el aire recirculado o en el flujo de la mezcla de aire exterior y aire recirculado.

La tasa de recirculación del sistema está determinada por la eficiencia del sistema de purificación de aire. Se debe aumentar la tasa de recirculación de aire para obtener todos los beneficios del sistema de purificación de aire. El sistema que se use para purificar el aire recirculado deberá estar diseñado para reducir el material particulado y, cuando sea necesario y factible, los contaminantes gaseosos. El sistema deberá poder proporcionar una calidad de aire interior equivalente a la que se obtiene con el uso de aire exterior como lo determina la tabla 6.

Tabla 6. Aire exterior requerido para ventilación.

Aplicación	Ocupación máxima [persona/100m ²]	Requerimiento de aire exterior		Clase de aire	Comentarios
		l/s*persona	l/s*m ²		
Lavandería en seco					
Lavandería comercial	10	13	-		Los procesos de lavado en seco pueden requerir más aire.
Lavado en seco comercial	30	15	-		
Almacenaje	30	18	-		
Servicios de bebida y comida					
Comedor	70	10	-		-
Cafetería y comidas rápidas	100	10	-		-

Bares, coctelerías	100	15	-		Se puede requerir como apoyo o equipo de remoción de humo.
Cocinas	20	8	-		Para campanas extractoras se requiere más ventilación. La suma del aire exterior y transferido de aceptable calidad de espacios adyacentes deberá tener como mínimo 7,5 l/s*m ²
Garajes y estaciones de servicio					
Garajes encerrados	-	-	7,5		La distribución entre las personas debe considerarse como una situación de trabajo, y la concentración de la acción del motor, los lugares donde estén los motores deben incorporar un sistema para eliminar el escape. Se deben usar sensores de contaminación en el control de la ventilación.
Talleres de reparación	-	-	7,5		
Hoteles Independiente del tamaño del cuarto.					
Alcobas	-	-	15		-
Salas	-	-	15		-
Baños	-	-	18		Capacidad instalada para uso indeterminado.
Sala de espera	30	8	-		
Salones de conferencia	50	10	-		-
Salas de reunión	120	8	-		-
Áreas de dormitorio	20	8	-		Ver también los servicios de las comidas y bebidas, mercados, barberías y salas de belleza, garajes.
Casinos de apuestas	120	15	-		Se puede requerir un equipo para remover el humo.
Oficinas					
Oficina	7	10	-		Algunos equipos de oficina pueden requerir un escape local.
Áreas de recepción	60	8	-		
Centros de telecomunicación y áreas de entrada de datos	60	10	-		-
Salas de conferencias	50	10	-		-
Espacios públicos					
Pasillo	-	-	0,25		-

Zona pública, l/s*baño	-	25	-		Los escapes mecánicos sin recirculación son recomendados.
Casilleros y vestieres	-	-	2,5		-
Sala de fumadores	70	30	-		Suministro normal para transferencia de aire, se recomienda emplear un escape mecánico local sin recirculación.
Ascensores	-	-	5		Suministro normal para la transferencia de aire.
Almacenes, salas de exhibición					
Sótanos, calles	30	-	1,5		-
Piso superior	20	-	1		-
Cuarto de almacenamiento	15	-	0,75		-
Camerinos	-	-	1		-
Centros comerciales y galerías	20	-	1		-
Embarques y recepciones	10	-	0,75		-
Depósitos	5	-	0,25		-
Sala de fumadores	70	30	-		Suministro normal para transferencia de aire; se recomienda emplear un escape mecánico local sin recirculación.
Tiendas especiales					
Peluquerías	25	8	-		-
Salón de belleza	25	13	-		-
Salones pequeños	20	8	-		-
Floristerías	8	8	-		Las plantas nuevas y pequeñas de ventilación pueden establecer sus requerimientos.
Muebles, vestieres	-	-	1,5		
Ferreterías, droguerías, fábricas	8	8	-		-
Supermercados	8	8	-		-
Tienda de mascotas	-	-	5		-
Deportes y diversión					
Áreas de espectadores	150	8	-		Cuando los motores de combustión interna son empleados para mantenimiento de superficies de juego, se puede requerir el aumento del fluido de la ventilación.
Salas de juego	70	13	-		
Áreas frescas	-	-	2,5		
Piscinas	-	-	2,5		Puede requerirse para grandes válvulas un control de humedad.

Pisos de juego (gimnasios)	30	10	-		-
Salones de baile	100	13	-		-
Boleras	70	13	-		-
Teatros					
Cabina de tiquetes	60	10	-		Puede necesitarse una ventilación especial para eliminar los efectos especiales de las escenas (vapores, secos, neblina, etc.)
Sala de espera	150	10	-		
Auditorios	150	8	-		
Escenarios, estudios	70	8	-		
Transporte					
Sala de espera	100	8	-		Las instalaciones interiores pueden requerir instalaciones especiales.
Plataformas	100	8	-		
Vehículos	150	8	-		
Cuartos de trabajo					
Procesamiento de carne	10	8	-		Mantener espacios a bajas temperaturas (-23°C a +10°C) no está cubierto por estos requerimientos, a menos que el oficio sea seguido, la instalación de los espacios contiguos es aceptable. Cuando el oficio es intermitente, la instalación debe exceder normalmente la instalación requerida.
Foto estudios	10	8	-		-
Cuartos oscuros	10	-	2,5		-
Farmacias	20	8	-		-
Bóvedas de banco	5	8	-		-
Fotocopiadoras o impresoras	-	-	2,5		Los equipos de instalación deben incorporar un escape positivo y un control (requerido) de menor capacidad de contaminantes (tóxicos).
Educación					
Salones	50	8	-		-
Laboratorios	30	10	-		Puede requerirse un sistema de control de contaminantes especial para procesos o funciones que incluyan laboratorios para animales.
Tienda escolar	30	10	-		
Sala de música	50	8	-		
Librerías	20	8	-		
Cuartos con casilleros	-	-	2,5		-

Pasillos	-	-	0,5	-
Auditorios	150	8	-	-
Sala de fumadores	70	30	-	Suministro normal para transferencia de aire, se recomienda emplear un escape mecánico local sin recirculación.
Hospitales, enfermerías y asilos				
Habitaciones	10	13	-	Los requerimientos especiales o códigos y relaciones bajo presión pueden determinar flujos de ventilación y filtros eficientes. Procesos que generan contaminantes pueden requerir altos flujos.
Tramites médicos	20	8	-	
Sala de operaciones	20	15	-	
Recuperación y UCI	20	8	-	
Sala de autopsias	-	-	2,5	El aire no debe ser reticulado al interior de otros espacios.
Fisioterapia	20	8	-	-
Cárceles				
Celdas	20	10	-	-
Restaurante	100	8	-	-
Estaciones de guardia	40	8	-	-

Fuente: Traducido y adaptado, del Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

8.1.2.4 RENOVACIÓN

La finalidad de la ventilación es sustituir el aire contaminado (con un elevado ingrediente de polvo, humo, bacterias y olores) por aire, limpio, mucho más conveniente para la respiración, y su contribución al bienestar puede ser tan importante como la que proporciona la temperatura y humedad.

Un enrarecimiento del aire debido a un aumento de concentración de CO₂ y los olores desprendidos por el cuerpo humano, puede llegar a producir sensaciones de inapetencias e incluso mareos, náuseas y jaquecas.

Se impone, por consiguiente, la necesidad de renovar el aire que se encuentra en un lugar determinado para evitar que este se enrarezca. La cantidad de aire necesario puede depender, entre otras cosas, de:

- a) Características del local
- b) Actividad a que está destinado
- c) Calor a disipar

Es oportuno tener en cuenta que para llevar a cabo una perfecta renovación de aire en el local, es necesario que el barrido del volumen de aire se efectúe uniformemente, evitando corrientes indeseables de aire. A continuación se muestra una tabla con los valores aconsejados para la renovación de aire.

Tabla 7. Caudales aconsejados para la renovación de aire.

TIPO DE LOCAL	REQUERIMIENTO DE AIRE DE VENTILACIÓN EN dm ³ /s			
	Por persona		Por m ² de superficie	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1. Locales de vivienda				
a. Locales vivideros	2.5	4.0	0.40	-
b. Aseos y cuartos de baño (1) (2)	-	-	2	3.5
c. Cocinas (1) (2)	-	-	0.80	1.5
2. Locales comerciales.				
a. Tiendas. Locales de venta en general.	3.5	6.0	-	-
b. Restaurantes, bares, cafeterías, etc.	5.0	8.0	-	-
i. Comedores.	10	15	-	-
ii. Cafeterías, bares, etc.	15	-	3.5	-
iii. Cocinas (1) (2).	3.5	6.0	-	-
c. Hoteles, residencias y moteles.	-	-	2	3.5
i. Dormitorios.	7.0	10	-	-
ii. Cuartos de baño (1) (2).	4.0	7.0	-	-
iii. Salones sociales.	10	14	2.0	-
iv. Vestíbulo de entrada.	3.5	6	-	-
d. Peluquerías, barberías, gimnasios, etc.	2.5	4.0	1.2	-
i. Peluquería de mujeres.	5.0	8.0	2.5	-
ii. Peluquería de hombres.	7.0	10	-	-
e. Teatros, cines, salones de conciertos, etc.	10	14	-	-
i. Fumadores.	6	10	-	-
ii. No fumadores.	15	22	2.5	5
iii. No fumadores.	7	10	0.50	-
f. Salas de fiestas, bingos, casinos, etc.	12	18	2.50	-
g. Locales para el deporte.	5	8	-	-
i. Zona de deporte.	7	10	-	-
ii. Zona de espectadores.	2.5	4	-	-
h. Vestuarios.	3.5	5	-	-
i. Oficinas.				
i. Espacios generales.				
ii. Salas de reunión.				
iii. Salas de espera.				
iv. Salas de descanso.				
v. Salas de computadoras.				
vi. Salas de reproducción.				

3. Locales institucionales.				
a. Escuelas.	5	7	-	-
i. Aulas, laboratorios y talleres.	2.5	3.5	1.25	-
ii. Aulas magnas, salas de conferencias, etc.	3.5	5	-	-
iii. Bibliotecas.	5	8	-	-
iv. Comedores.	3.5	7	-	-
v. Dormitorios.	5	8	-	-
vi. Dormitorios.	10	-	-	-
b. Hospitales.	8	-	-	-
i. Habitaciones y salas comunes	15	-	-	-
ii. Quirófanos.	7	12	-	-
iii. Locales auxiliares en quirófanos	15	20	-	-
iv. Unidades de vigilancia intensiva	16	20	-	-
v. Áreas de fisioterapia	10	15	-	-
vi. Autopsia	3.5	7	-	-
vii. Oficios				
viii. Entradas, pasillos, etc.				
c. Museos y salas de exhibición.				

1. Locales que deben estar en depresión.
2. Posible uso intermitente.
3. Para piscinas deben estudiarse además las condensaciones.
4. Valores en dm^3/s y taquilla.
5. Normalmente todo el aire exterior.

Fuente: Traducido y adaptado del Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

8.2 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR

Este es un método alternativo al procedimiento de la tasa de ventilación para alcanzar calidad aceptable de aire y ofrece una solución directa al restringir la concentración de todos los contaminantes conocidos, a niveles aceptables especificados.

8.2.1 EVALUACIÓN CUANTITATIVA

La tabla 5 contiene información sobre niveles aceptables de contaminantes en el aire exterior. Esta tabla también se aplica para el aire interior durante los mismos periodos de exposición. La siguiente tabla contiene los límites de otros cuatro contaminantes interiores. Otros cuerpos fijan tres de estos límites, como lo muestra la tabla. Según la norma ASHRAE 62-2001, se escogió el límite de CO₂.

Tabla 8. Contaminantes de aire originados en el interior

Contaminante	Concentración		Tiempo de exposición
	µg/m ³	ppm	
Emanaciones corporales	-	-	Continuo
Clorodano	5	0,0003	Continuo
Ozono	100	0,05	Continuo
Gas radón	4 pCi/l (29,32)*	-	Promedio anual

*: Esta recomendación de la EPA aplica específicamente a ocupaciones residenciales y escuelas.

Fuente: Traducido y adaptado, del Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

Los ocupantes humanos producen CO₂, vapor de agua y contaminantes que incluyen partículas de materia, vapores biológicos y compuestos orgánicos volátiles, donde la disolución por medio de ventilación es utilizada solo para controlar la calidad del aire interior, y el exterior no debe ser mayor que 700 ppm de CO₂; esto indica el criterio relacionado a las emanaciones corporales donde es probable que se satisfaga dicho confort.

En los casos que vapores biológicos inodoros, la evaluación cualitativa es irrelevante. Aplicación de tecnología generalmente aceptada y la vigilancia de ventilación reducida deberá ser suficiente.

8.2.2 EVALUACIÓN SUBJETIVA

Diversos contaminantes del aire exterior pueden dar lugar a olores que son de una intensidad

no aceptable o de características tales que irritan los ojos, nariz y garganta. En la ausencia de medios objetivos para evaluar la aceptabilidad de tales contaminantes, el juicio de aceptabilidad debe derivarse de evaluaciones subjetivas de observadores imparciales. Se deberá tener precaución en cualquier procedimiento de evaluación subjetiva para evitar concentraciones no aceptables.

9. NIVELES ACEPTABLES DE HUMEDAD

9.1 CRITERIO DE CONFORT PARA PERSONAS

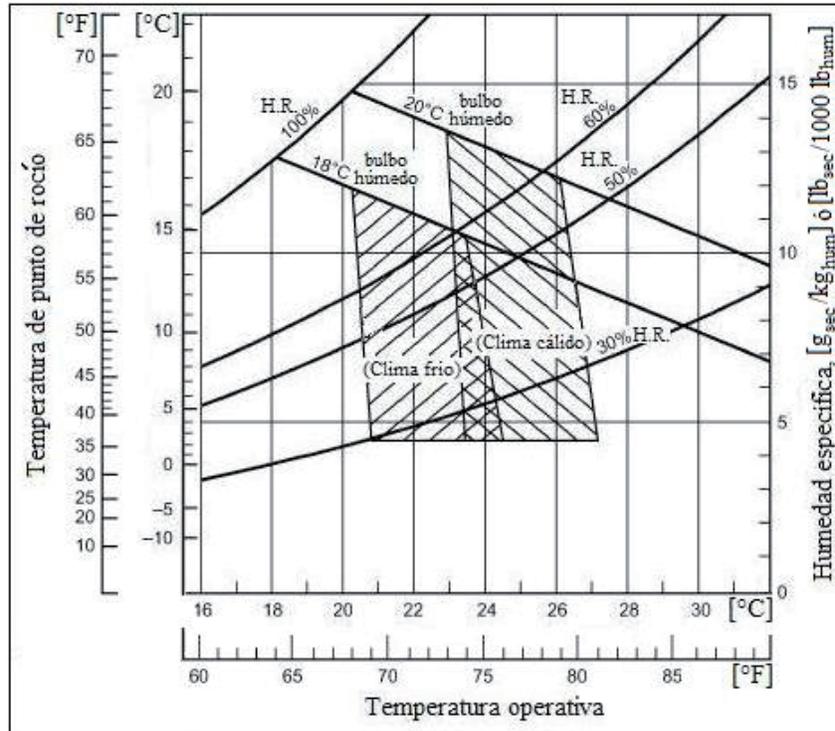
En la siguiente figura, los límites inferior y superior de humedad están basados en observaciones respecto a la resequeadad de la piel, irritación de los ojos, problemas respiratorios, crecimiento microbiano y otros fenómenos asociados con el exceso o falta de humedad. Para evitar la condensación en las superficies y materiales de un edificio, se debe controlar la temperatura de los mismos.

En realidad, los valores y límites mostrados en la siguiente figura no deben considerarse como absolutos, puesto que todo individuo difiere considerablemente en su forma de reaccionar frente a las mismas condiciones⁴.

La siguiente figura es denominada Carta de la zona de confort y solo aplica para el confort de las personas y que para efectos de este documento, solo aplican los valores de humedad específica y humedad relativa respecto a la temperatura operativa. La temperatura operativa (o también llamada temperatura de bulbo seco ajustada) es el promedio de la temperatura radiante media y la temperatura del aire del ambiente. A su vez la temperatura radiante es la temperatura media de las superficies individuales expuestas en un ambiente que circundan a una persona.

⁴ MCQUINSTON, Faye C., Parker, Jerald D. y Splitler, Jeffrey D., *Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado*. México D.F. 2003.

Figura 4. Rangos aceptables de temperatura operativa y humedad específica y relativa para personas en clima frío y clima cálido cuando realizan actividades sedentarias.



Fuente: Traducido y adaptado, del Standard 55-1992 ANSI/ASHRAE.

10. SISTEMAS Y EQUIPOS

10.1 UBICACIÓN Y TAMAÑOS DE LA APLICACIÓN

Los espacios ventilados naturalmente deberán estar permanentemente abiertos y situados a 8m de las paredes o de las aperturas del techo hacia fuera y su área operativa mínima será de 4% del área neta que se puede ocupar en el piso. Cuando las aperturas están cubiertas con claraboyas o se pueden obstruir de otra forma, el área que se puede abrir deberá estar basada en el área no obstruida de la apertura.

Cuando se ventilan espacios interiores, sin aperturas directas hacia el exterior, sino a través de cuartos continuos, las aperturas entre cuartos deberán permanecer sin obstrucciones y deberán tener un área libre no menor al 8% del área del cuarto interior y no menos de 2,5m².

10.2 CONTROL Y ACCESIBILIDAD

El método para abrir las aperturas necesarias debe ser de fácil acceso para los ocupantes del edificio, siempre que esté ocupado el espacio.

Los sistemas de ventilación deberán estar diseñados e instalados de tal manera que el aire para ventilación pase por toda la zona ocupada. La documentación del diseño deberá indicar qué asume el diseño, en cuanto a la tasa de ventilación y la distribución del aire.

Cuando se reduzca el suministro de aire mientras el espacio este ocupado (Ej. sistemas de aire- volumen variable), se debe disponer la forma de mantener aceptable la calidad del aire interior en toda la zona ocupada.

Los sistemas de ventilación deberán estar diseñados para evitar que por el escape vuelvan a ingresar contaminantes, condensación o congelación (o ambas cosa), además del crecimiento de microorganismos. La ubicación de las entradas y salidas de mezcla de aire deberá ser tal que evite la contaminación de la mezcla de aire obtenido. Se deben evitar los contaminantes de fuentes como las torres de enfriamiento, ventilaciones sanitarias, escapes de vehículos en garajes de estacionamiento, muelles de carga y tráfico de las calles.

BIBLIOGRAFIA

ABNT, NBR-7256: 2004, Tratamento de Ar Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) – Requisitos para Projeto e Execução das Instalações. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2004.

ACAIRE, Seminario Áreas Limpas. Bogotá. 2007.

----- . Curso Introductorio de Aire Acondicionado para Profesionales y Tecnólogos Junior. Bogotá. 2007.

----- . Seminario Enfriamiento Evaporativo. Bogotá. 2007.

ANSI/ASHRAE Standard 62- 2001 , Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 2001.

----- . Standard 62.1- 2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 2007.

----- . Standard 62.2- 2007, Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings. American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 2007.

----- . Standard 51-1985, ANSI/AMCA Standard 51-1985. Laboratory Methods of Testing Fans for Rating. American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 1985.

----- . Standard 55-1992, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 1985.

ASHRAE, Handbook Fundamentals SI Editions. Atlanta, GA. 30329. 2005.

----- . HVAC Applications SI Editions. Atlanta, GA. 30329. 2007.

BAENA, Carlos A. y Vallejo, María del Carmen, Toxicología Ambiental. Bogotá. 2007.

CARNICER, Royo E., Ventilación. Madrid. 1994

MCQUINSTON, Faye C., Parker, Jerald D. y Splitler, Jeffrey D., Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado. México D.F. 2003.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Partículas e índice de calidad de aire y problemas en la salud. Fuente: Clasificación del aire, traducido y adaptado del Standard 62.1-2007 ANSI/ASHRAE.

Tabla 2. Clasificación de los compuestos orgánicos del aire. Fuente: Toxicología ambiental 2007.

Tabla 3. Radiación mínima para destrucción de microorganismos . Fuente: Estándar ANSI/ASHRAE 62-2004

Tabla 4. Dosis mínima aproximada de radiación a 254nm para la destrucción del 90% de algunos microorganismos. Fuente: Estándar ANSI/ASHRAE 62-2004

Tabla 5. Normas norteamericanas primarias de calidad del ambiente para aire exterior, como lo especifica la agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos. Fuente: Traducido y adaptado del Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

Tabla 6. Aire exterior requerido para ventilación. Fuente: Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

Tabla 7. Caudales aconsejados para la renovación de aire. Fuente: Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

Tabla 8. Contaminantes de aire originados en el interior. Fuente: Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de ventilación. Fuente: NTC 5183 DE 2003.

Figura 2. Reducción de la ventilación proveniente de una fuente común, en espacios múltiples. Fuente: Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

Figura 3. Tiempo de atraso máximo permisible. Fuente: Standard 62-2001 ANSI/ASHRAE.

Figura 4. Rangos aceptables de temperatura operativa y humedad específica y relativa para personas en clima frío y clima cálido cuando realizan actividades sedentarias. Fuente: Standard 55-1992 ANSI/ASHRAE.