



¿Qué hace que el aire acondicionado de un hospital sea perjudicial?

Escrito por el Dr. Ing. Marco Adolph

Introducción

Los sistemas de climatización y ventilación brindan calidad de vida y bienestar. En varias regiones del mundo es impensable imaginar una edificación de calidad sin un mecanismo de control de temperatura, ya sea para refrigeración o calefacción. En hospitales y clínicas, los sistemas de aire acondicionado bien diseñados, construidos y mantenidos pueden ayudar al confort y recuperación del paciente.

El aire acondicionado de un hospital debe poder controlar las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad y mitigar el riesgo de contaminación e infecciones. El control de la contaminación se realiza con cascadas de presión, ventilación por dilución (renovación del aire de la habitación) y sistemas de filtración adecuados y la forma en que se mueve el aire en el ambiente. Cada área de un hospital tiene requisitos específicos y las guías de proyectos de entidades reconocidas ayudan en el proceso. Algunas de las fuentes a las que se puede hacer referencia son ASHRAE, OMS, CDC, ICCCS, REHVA y estándares nacionales e internacionales.

El ingeniero responsable de los proyectos tiene a su disposición equipos y herramientas que deben ser debidamente seleccionados. En este artículo, cubriremos inicialmente los conceptos básicos necesarios para cumplir con los requisitos de control de contaminación en entornos hospitalarios y sanitarios y luego una revisión de los requisitos presentados en la norma brasileña para establecimientos de salud.

Lamentablemente, en varios establecimientos hospitalarios de Brasil y América Latina se realizan sin los mínimos criterios técnicos, lo que genera muchos problemas. El uso de equipos para uso residencial es el error más común. Los sistemas mini split y los sistemas split con VRF que están diseñados para su uso en hogares y oficinas pequeñas se encuentran en docenas de hospitales y clínicas. Al final de este artículo, se presentarán las razones por las que estos dispositivos no son adecuados para su uso en hospitales.

Climatización para hospitales: requisitos complejos y variados

Excelentes referencias para ayudar a comprender los proyectos hospitalarios en detalle son:

- Manual de aplicaciones de ASHRAE 2019 - Capítulo 9. Centros médicos.
- Estándar 170 ANSI / ASHRAE / ASHE.
- Manual de diseño de HVAC para hospitales y clínicas - ASHRAE.
- ABNT NBR ISO 14644 Salas limpias y entornos controlados asociados. Esta serie de normas está siendo traducida oficialmente en Brasil por SBCC.

Algunas enfermedades pueden requerir condiciones de aire muy específicas para ayudar a los pacientes a recuperarse. Los estudios indican que hay una mejora en el estado de salud de los pacientes al hacer un buen uso de los sistemas HVAC el manual de aplicaciones de ASHRAE presenta algunos ejemplos:

- Los pacientes con tirotoxicosis requieren un ambiente fresco y seco
- Los pacientes con traumatismos cardíacos y craneales requieren temperaturas más bajas
- Los pacientes con artritis reumatoide pueden tratarse con éxito en ambientes más cálidos y secos (32 ° C, 35% de HR)
- Los ambientes muy secos pueden causar infecciones secundarias
- Las enfermedades del tracto respiratorio superior y los cuidados intensivos requieren una humedad relativa mínima del 30%
- Las enfermedades respiratorias que causan secreciones viscosas requieren la inhalación de aire más cálido y húmedo.
- Los pacientes quemados necesitan que la habitación tenga temperaturas y humedad más altas.

Además de garantizar el confort por temperatura y humedad, el entorno hospitalario tiene como objetivo evitar que microorganismos nocivos contaminen a los pacientes susceptibles y al personal médico que está continuamente expuesto. Por lo tanto, las áreas para pacientes infectados contagiosamente deben separarse de aquellas con pacientes inmunodeprimidos. Además de una separación física entre pacientes, debemos crear barreras para el movimiento de aire contaminado entre estas áreas. También es necesario controlar la proliferación y dispersión de bacterias, virus, hongos y gases químicos.

A partir de los pocos requisitos presentados aquí, ya es evidente que el diseño de un sistema de acondicionamiento para hospitales y áreas de atención médica es complejo y requiere un análisis detallado.

Conceptos básicos de control de la contaminación

Este artículo no pretende detallar los conceptos de control de la contaminación en profundidad, pero se presentarán los conceptos básicos. Los ingenieros tienen a su disposición cuatro mecanismos para mitigar los riesgos: contención, captura, dilución de partículas y control de las condiciones ambientales para dificultar el desarrollo de microorganismos.

Contención: Se mencionó anteriormente la necesidad de segregar a los pacientes por su enfermedad. Los mecanismos de contención consisten en dirigir los volúmenes de aire de los ambientes con el fin de mover las partículas de manera controlada, para ello se utilizan cascadas de presión. La figura 1 presenta un esquema simplificado de un ambiente con un difusor de aire para insuflación y otro para extracción de aire. El sistema está equilibrado para que el volumen de aire de escape sea mayor que el de insuflación, esto genera una presión negativa que genera una infiltración de aire por el hueco de la puerta. En la figura 2 se produce el efecto inverso, el volumen de suministro de aire es mayor que el del escape, el exceso de aire tiene que escapar por el hueco de la puerta. Es importante enfatizar que esto solo será posible en ambientes construidos de manera apropiada. Durante el proyecto realizado se debe especificar el tipo de ambiente, balance de flujo, dirección del flujo de aire y mecanismos de operación. Los sistemas de control de flujo de entrada y escape deben recibir señales de transductores de presión que garanticen un funcionamiento correcto y seguro.

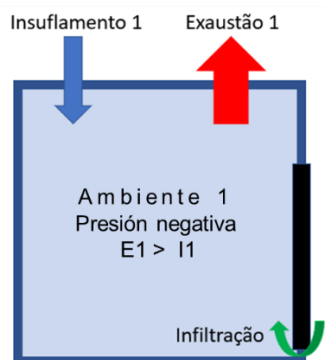


Figura 1. Presión negativa

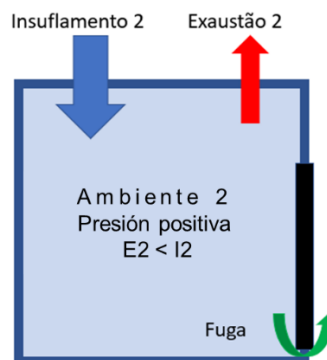


Figura 2. Presión positiva

Captura. Consiste en utilizar filtros adecuados para retener materiales particulados suspendidos en el aire. Las partículas pueden ser viables (microorganismos) o, no viables desde el punto de vista de los mecanismos de filtrado no hay diferencia. Los filtros se dividen en dos grupos: filtros de polvo y filtros absolutos. La figura 3 muestra los grupos de filtros y algunas referencias visuales de las características constructivas.

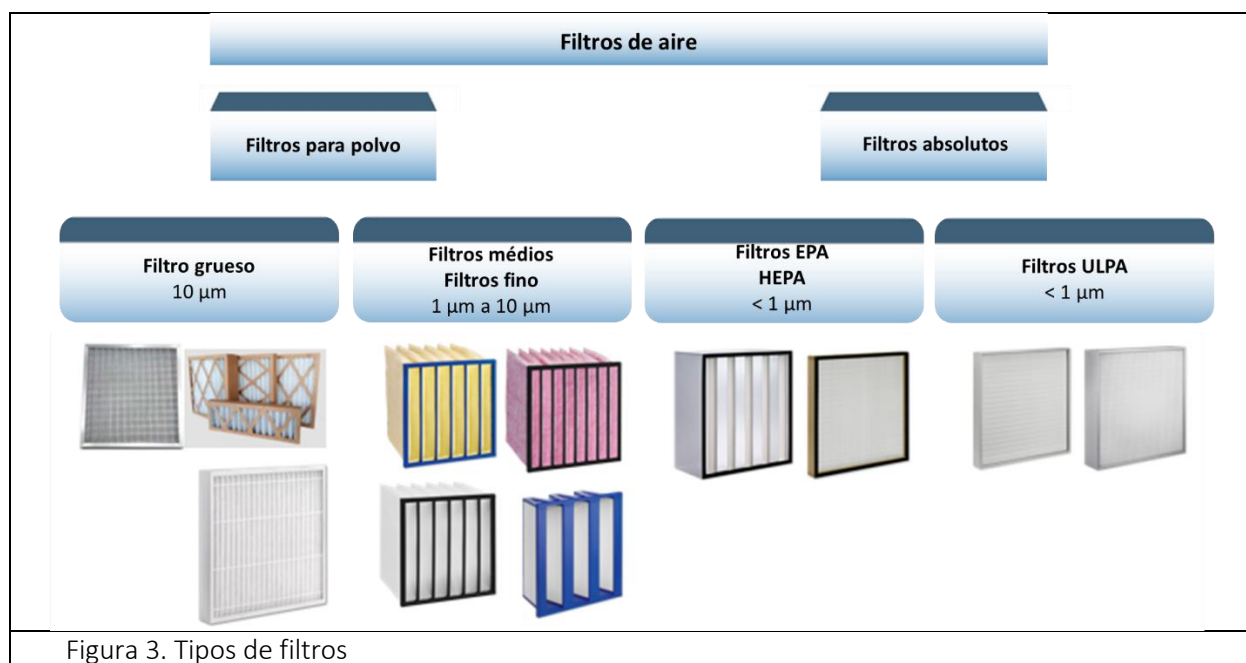


Figura 3. Tipos de filtros

Los filtros absolutos se pueden dividir en HEPA y ULPA. En instalaciones bien administradas, los filtros HEPA se encuentran en quirófanos y salas para pacientes infecciosos e inmunodeprimidos. Para desmitificar el sentido común de que estos filtros no pueden retener virus y bacterias, presentaremos los mecanismos por los cuales retienen partículas. Los filtros están formados por una red de fibras dispuestas al azar. Las partículas grandes se retienen entre las tramas del filtro como en un tamiz, mientras que las partículas más pequeñas se retienen en las fibras por impactos (efecto inercial), por intercepción (atracción de masa), por efectos de difusión (movimiento browniano) y en algunos casos, filtros de atracción electrostática. El efecto electrostático en algunos medios filtrantes se pierde con el tiempo, las normas consideran este fenómeno y requieren información sobre la eficiencia del filtro descargado electrostáticamente. Los mecanismos de captura se presentan visualmente en la figura 4. Los filtros tienen un punto de eficiencia mínimo, conocido como MPPS (tamaño de partícula más penetrante). Por lo tanto, para partículas más pequeñas aumenta la eficiencia del filtro HEPA / ULPA, este efecto

se puede ver en el gráfico de la figura 5. Las cifras están adaptadas del libro Manual de control de la contaminación en microelectrónica.

Para los filtros HEPA y ULPA, se adoptan las normas EN1822-1 e ISO29463. Estos filtros se prueban al 100% en fábrica para garantizar su eficiencia y también deben probarse en busca de fugas en las instalaciones. La tabla 1 muestra la clasificación de estos filtros. Los filtros de clase H13 son muy comunes en los hospitales. Un punto importante a considerar es que, como existen diferentes estándares, es necesario especificar en base a qué estándar se determina la eficiencia. Es muy común encontrar requisitos para la aplicación en hospitales como HEPA como 99,97% a 0,3 μm probado con un fotómetro, y ese mismo filtro sería un H13 cuando se probara en MPPS por ISO o EN. En la figura 6 puede ver el tamaño de partícula en cada prueba de diferentes estándares y cuál es la penetración esperada, este gráfico tiene una función ilustrativa.

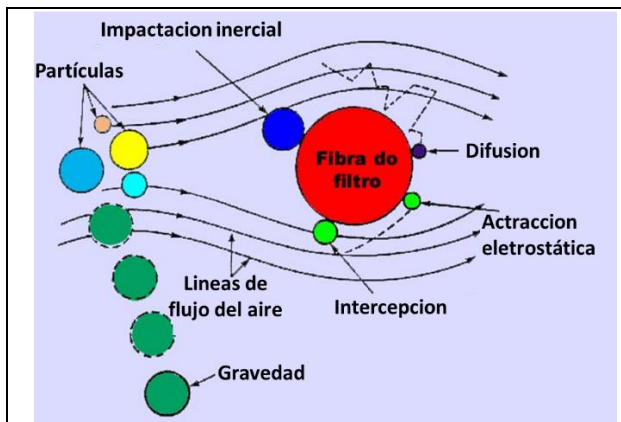


Figura 4. Mecanismos de retención de partículas

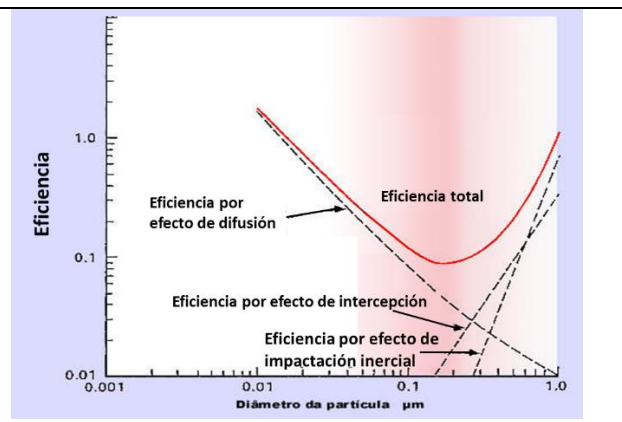


Figura 5. Eficiencia de filtrado en función del tamaño de partícula.

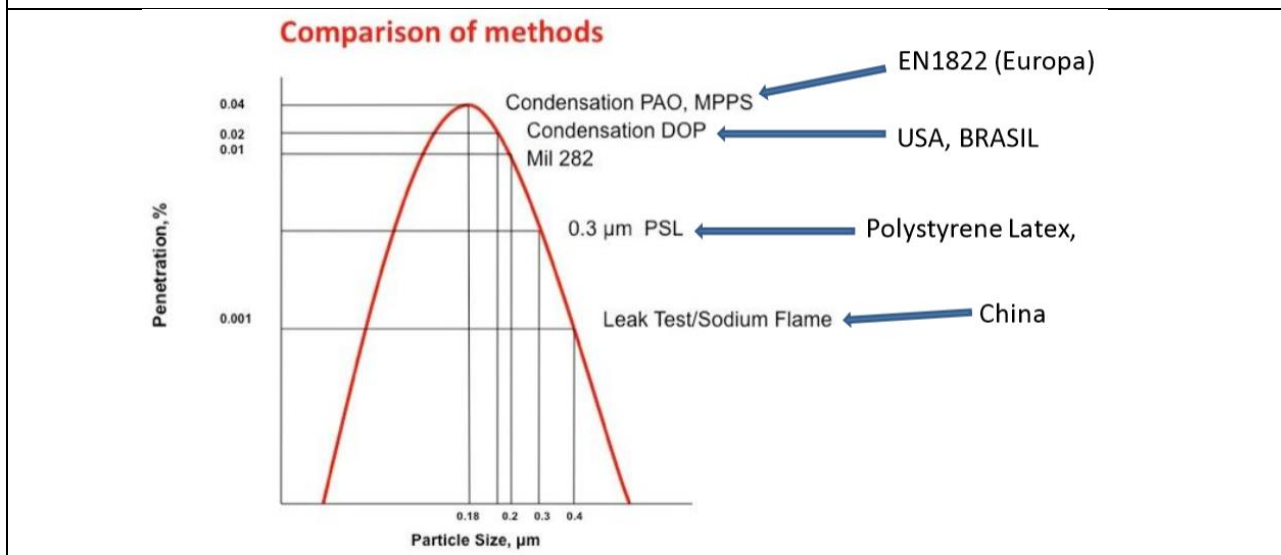


Figura 6. Los puntos de validación del filtro pueden variar según el estándar aplicado.

Tabla 1. Clasificación de filtros HEPA

Clase ISO	Eficiencia	IEST *	EN 1822 **	Comentarios
ISO 15 E	≥95%		E11	ISO acepta pruebas de muestra
ISO 20 E	≥99%			
ISO 25 E	≥99,5%		E12	
ISO 30 E	≥99,9%			
ISO 35 H	≥99,95%		H13	ISO acepta pruebas con fotómetros y neblina de aceite
-	99,97%	A, B, E, H, I		Los tipos A, B, E son filtros HEPA tradicionales
ISO 40 H	≥99,99%	C, J, (K)		En el uso corriente, los filtros K de mayor desempeño son preferibles al tipo J para mayor seguridad.
ISO 45 H	≥99,995%	K	H14	
ISO 50 U	≥99,999%	D		
ISO 55 U	≥99,9995%	F	U15	
ISO 60 U	≥99,9999%	G		
ISO 65 U	≥99,99995%	G	U16	
ISO 70 U	≥99,99999%	G		
ISO 75 U	≥99,999995%	G	U17	

Los filtros gruesos están diseñados para proteger el equipo y evitar la acumulación de polvo en los serpentines de enfriamiento. Estos son los filtros que se encuentran comúnmente en las tomas de aire exterior de los sistemas de aire acondicionado. Suelen estar compuestas por mamparas o mantas y son de bajo coste. No son eficaces para partículas pequeñas como virus y bacterias.

Los filtros medios y finos se utilizan cuando se desea una buena calidad del aire interior y se seleccionan en función de la contaminación del aire exterior. La idea es eliminar el material particulado para evitar que sea lanzado al medio ambiente. Se seleccionan para proteger la salud de los ocupantes de los entornos. Europa ha sido pionera en los requisitos estándar para filtros finos debido a la contaminación del aire en las grandes ciudades.

Los estándares aplicables para filtros finos y gruesos son ASHRAE 52.2, ISO16890 y todavía existen referencias a EN779. Los dos primeros requieren que los filtros se prueben para 3 rangos de partículas y están clasificados por su capacidad para retenerlos. Las pruebas realizadas a estos filtros son destructivas y se llevan a cabo en la fase de desarrollo y posteriormente por muestreo para control de calidad.

La Figura 7 muestra una equivalencia entre los estándares de filtrado. Los estándares presentados en este gráfico adoptan una eficiencia promedio a los efectos de informar y presentar resultados. En la nueva norma ISO 16890, considera la eficiencia del filtro limpio, sin simulación de vida útil, como las normas más antiguas. A efectos de aproximación se incluyó la Tabla 2, que permite una comparación entre los estándares, aunque no es definitivo, los rangos de merv, por ser muy estrechos, conducen a errores de medición y repetibilidad (Vijay, Adolph 2013). La Figura 8 presenta los resultados de las pruebas para filtros de diversas eficiencias. Cabe señalar que los filtros gruesos son menores que MERV 8. Los filtros de este tipo están diseñados para partículas más grandes y no están destinados a retener microorganismos. Las instalaciones de mayor calidad del aire interior adoptan filtros superiores a la clase MERV13, F7, ISO y PM1 al 50%. Estas instalaciones requieren una unidad de tratamiento de aire con ventiladores capaces de compensar la caída de presión generada durante la vida útil de los filtros. Estos filtros tampoco se encuentran en dispositivos mini split.

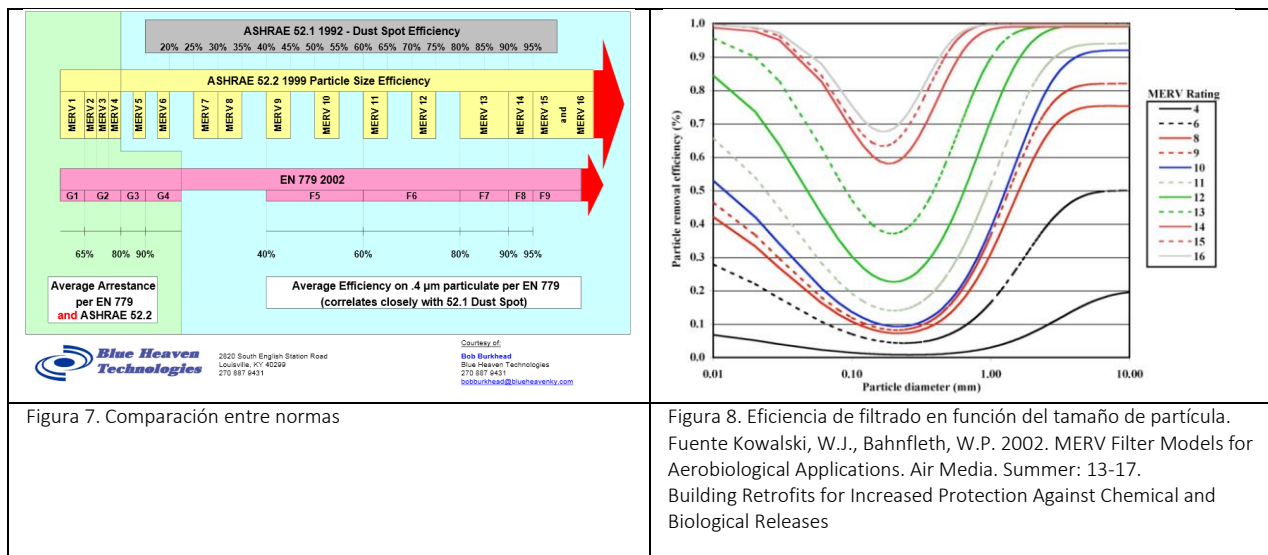


Figura 7. Comparación entre normas

Figura 8. Eficiencia de filtrado en función del tamaño de partícula. Fuente Kowalski, W.J., Bahnfleth, W.P. 2002. MERV Filter Models for Aerobiological Applications. Air Media. Summer: 13-17. Building Retrofits for Increased Protection Against Chemical and Biological Releases

ASHRAE Standard 52.2:1999			ASHRAE 52.1		EN779:2012			ISO16890		EN1822		ISO29463		
Min. Efficiency Reporting Value	Composite Average Particle Size Efficiency % in Size Range, µm			Average Arrestance	Average Dust Spot Efficiency	Filter Class	Average Arrestance of Dust	Average Efficiency at 0,4 µm	Min. Efficiency at 0,4 µm	Min. Efficiency at Particle Fraction	Filter Class	Av. Efficiency at MPPS	Filter Class	Av. Efficiency at MPPS
	Range 1	Range 2	Range 3	%	%		Test Final Pressure Drop 250 Pa	Test Final Pressure Drop 450 Pa		PM1/2,5/10: Test Final Pressure Drop 300 Pa				
MERV	0,30 - 1,0	1,0 - 3,0	3,0 - 10,0				%	%	%			%		%
1	n/a	n/a	E3 <20	Aavg <65	<20	G1	50 ≤ Am ≤ 65							
2	n/a	n/a	E3 <20	Aavg <65	<20	G2	65 ≤ Am ≤ 80							
3	n/a	n/a	E3 <20	Aavg <70	<20									
4	n/a	n/a	E3 <20	Aavg <75	<20	G3	80 ≤ Am ≤ 90							
5	n/a	n/a	E3 ≥20	80	20									
6	n/a	n/a	E3 ≥35	85	20 - 25	G4	90 ≤ Am							
7	n/a	n/a	E3 ≥50	90	25 - 30									
8	n/a	n/a	E3 ≥70	92	30 - 35	M5	40 ≤ Em ≤ 60			ISO ePM10 (≥50%)				
9	n/a	n/a	E3 ≥85	95	40 - 45							ISO ePM2,5 (50-60%)		
10	n/a	E2 ≥50	E3 ≥85	96	50 - 55	M6	60 ≤ Em ≤ 80							
11	n/a	E2 ≥65	E3 ≥85	97	60 - 65									
12	n/a	E2 ≥80	E3 ≥90	98	70 - 75	F7	80 ≤ Em ≤ 90		35	ISO ePM1 (≥50%)				
13	n/a	E2 ≥90	E3 ≥90	98	80 - 85									
14	E1 ≥75	E2 ≥90	E3 ≥90	99	90 - 95	F8	90 ≤ Em ≤ 95		55	ISO ePM1 (55-75%)				
15	E1 ≥85	E2 ≥90	E3 ≥90	99	95	F9	95 ≤ Em		70	ISO ePM1 (≥80%)				
16	E1 ≥95	E2 ≥95	E3 ≥95	100	99									
n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a				
											E10	≥85		
											E11	≥95	ISO 15 E	≥95
													ISO 20 E	≥99
											E12	≥99,5	ISO 25 E	≥99,5
													ISO 30 E	≥99,9
													ISO 35 H	≥99,95
											H13	≥99,95	ISO 40 H	≥99,99
													ISO 45 H	≥99,995
													ISO 50 U	≥99,999
													ISO 55 U	≥99,9995
													ISO 60 U	≥99,9999
													ISO 65 U	≥99,99995
													ISO 70 U	≥99,99999
													ISO 75 U	≥99,999995

Tabla 2. Comparación entre normas aplicables para filtros HVAC: la tabla es solo para orientación

Dilución - el objetivo del control de la contaminación es eliminar o reducir la concentración de contaminantes en un entorno cerrado. En las sesiones anteriores se discutieron los mecanismos para contener y capturar partículas y microorganismos. Sin embargo, considerando un ambiente hospitalario, donde el paciente es una fuente de contaminación, es necesario mover volúmenes considerables de aire para reducir la concentración de estos contaminantes. Las personas, además de generar contaminación, exhalan CO2 a través de su respiración y en un ambiente cerrado sin renovación de aire, la concentración tiende a subir a niveles inaceptables. Las normas nacionales e internacionales recomiendan los valores mínimos de renovación de aire para entornos en función

del uso para el que están destinados. Por renovación de aire, se entiende, traer aire exterior al medio ambiente. Por cada volumen de aire que entra desde el exterior, se extrae del medio ambiente una parte equivalente. La Figura 9 muestra la situación en la que no hay entrada de aire exterior, es decir, en ese ambiente, el aire recircula en los equipos de aire acondicionado, y la concentración de contaminantes, CO₂ y otras sustancias aumenta indefinidamente. Esta situación no es la más adecuada para entornos considerados críticos, como hospitales, escuelas, oficinas. Una situación más adecuada se encuentra en la figura 10, la instalación tiene un mecanismo que permite la eliminación de parte del aire y reemplazarlo por aire fresco. El aire exterior debe filtrarse para reducir la concentración de contaminantes del aire. Los estudios deben realizarse en la etapa de diseño y basados en la información disponible en los centros de monitoreo de la calidad del aire en las grandes ciudades. La figura 11 muestra una instalación con 100% aire de renovación, aunque en muchos casos esto es lo ideal, está limitado en muchas regiones por el consumo de energía. Depende de los ingenieros de HVAC explorar la posibilidad de operar sistemas con mayores tasas de renovación de aire, aplicando técnicas de recuperación de calor, estudios psicrométricos, etc. Los estándares indican solo condiciones mínimas y los usuarios pueden requerir tarifas de renovación más altas.

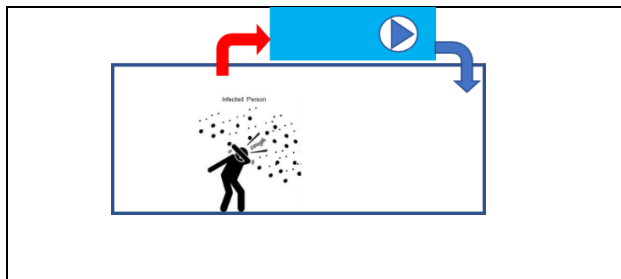


Figura 9. Sistema sin renovación de aire

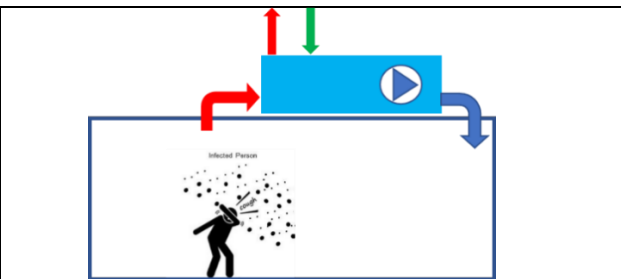


Figura 10. Sistema con renovación de aire en la unidad de tratamiento de aire

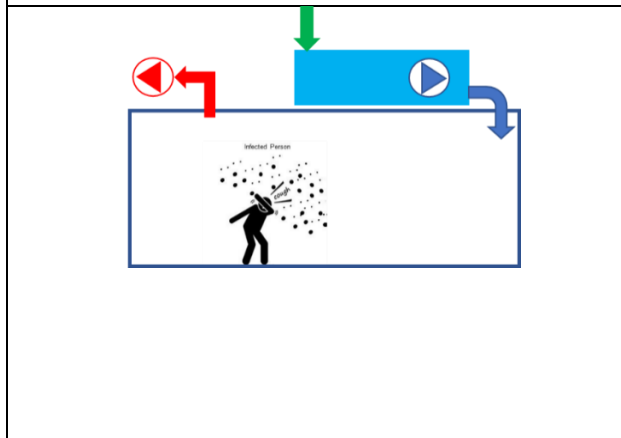


Figura 11. Instalación con 100% aire de renovación.

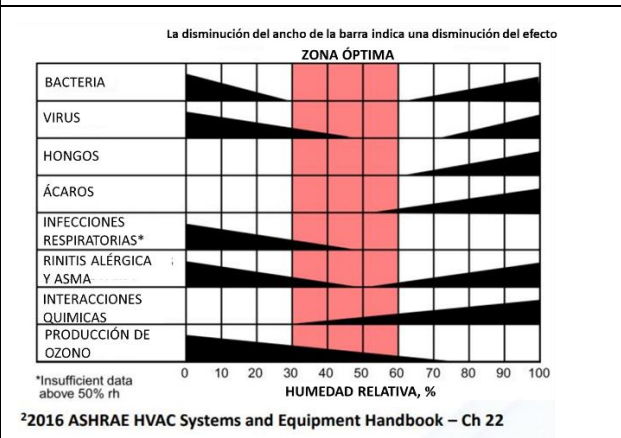


Figura 12. Rango de humedad ideal para entornos cerrados.

Control - Consiste en crear condiciones en el entorno para que no proliferen los microorganismos o para que el sistema inmunológico y las defensas naturales funcionen correctamente. ASHRAE ha considerado durante muchos años que la humedad relativa debe mantenerse entre el 30 y el 60%. Más recientemente, estudios realizados por los comités técnicos de esta entidad indican que existe una reducción significativa de los casos de infección nosocomial cuando la humedad relativa se mantiene entre el 40 y el 60%. Los sistemas de aire acondicionado centralizados son capaces de controlar la temperatura y la humedad y deben tenerse en cuenta para entornos considerados críticos. En la figura 12 presenta el diagrama AHSRAE con microorganismos y contaminantes y las bandas donde causan los impactos más negativos. Se puede decir que la humedad por debajo del 30% y por encima del 60% es perjudicial para la salud y la estructura del edificio.

Normas de aire acondicionado hospitalario

CDC - habitaciones de aislamiento. Las recomendaciones del CDC en el documento *Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities* presenta los requisitos mínimos para la reducción de infecciones en entornos hospitalarios. En esta sesión nos limitaremos a los requisitos de las salas de aislamiento para pacientes con enfermedades infecciosas que pueden transmitirse por vía aérea. El esquema básico para una habitación de este tipo se muestra en la figura 13.

Los requisitos básicos son:

- Flujo de aire dirigido, el aire debe fluir desde el área limpia hacia el área contaminada. De forma simplificada, el equipo médico debe recibir una corriente de aire fresco y ese aire fluye hacia el paciente. La extracción de aire se realiza preferiblemente con el paciente (pared detrás de la cama).
- La habitación debe tener presión negativa, es decir, la extracción de aire es mayor que la insuflación y se debe observar un flujo de aire a través de la grieta de la puerta (entrando a la habitación).
- La presión diferencial mínima debe ser de 2,5 Pa en relación con el pasillo.
- El flujo de aire a través de la puerta debe ser superior a 125 cfm (213 m³ / h).
- El aire soplado debe filtrarse a través de al menos filtros MERV 14.
- El aire extraído debe filtrarse a través de un filtro HEPA si se recircula en el sistema HVAC
 - Los emisores de UVGI se pueden usar juntos, pero no se aceptan como sustitutos de los filtros HEPA
 - Otra opción es descartar todo el aire y trabajar con aire 100% exterior.
- 6 cambios de aire por hora (ACH) en instalaciones existentes
 - Para hospitales nuevos y renovaciones, este volumen de aire se ha aumentado a 12 ACH.
- Habitaciones selladas, las fugas de aire no pueden exceder los 0.5 cfm por pie². (0,85 m³h por 0,09m²)

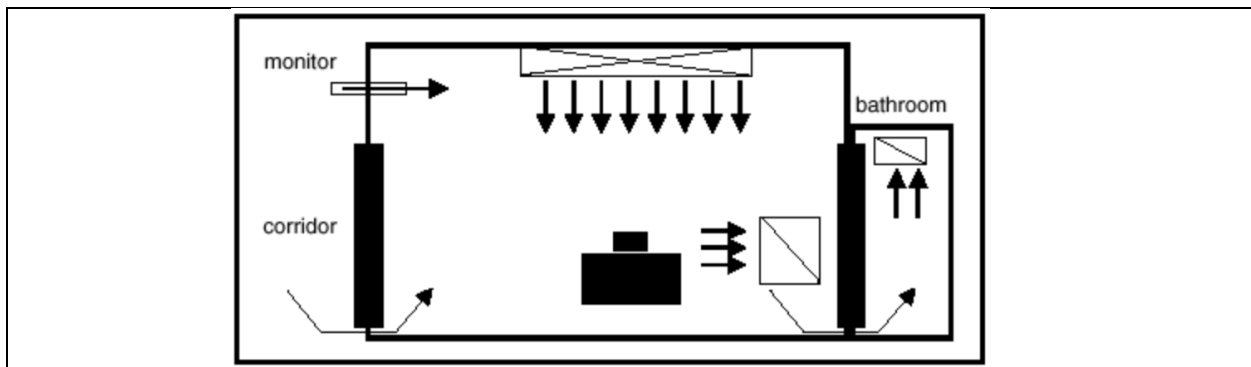


Figura 13: habitación de aislamiento, recomendaciones del CDC

ABNT - NBR 7256 Tratamiento de aire en establecimientos de asistenciales de salud (EAS) - Requisitos para el diseño y ejecución de instalaciones. Es un documento de 2005 y actualmente está siendo revisado por ABNT y ABRAVA. Esta norma presenta una tabla con requisitos mínimos y está desactualizada en relación a las mejores prácticas internacionales. Para salas de aislamiento y cuidados intensivos para pacientes con infecciones transmitidas por el aire:

- Clasificados como riesgo 3
- Situaciones a controlar: agentes biológicos
- Temperaturas entre 21 y 24 C
- 40 a 60% de humedad relativa
- Flujo de aire mínimo 18 m³ / h / m² - para una habitación con 3 m de pie derecho esto representa 6 ACH
- Presión negativa, en las notas del estándar se considera una presión de -2.5Pa
- Filtración mínima para suministro de aire de nivel G4.

- Todo el aire de la habitación debe extraerse y descargarse a la atmósfera para su dispersión por dilución.
 - Si no se puede hacer de forma segura, el aire debe filtrarse a través de filtros A3 (Hepa13 o ISO35H).
 - Opcionalmente
 - Solo recirculación de habitación
 - 2 renovaciones de aire exterior
 - Agregar a la insuflación filtros F7 y A3 (clasificación antigua para filtros HEPA en Brasil, equivaldría a un H13 o ISO35H)

Se observa que a pesar de las diferencias en la presentación de los requisitos, el CDC y el NBR tienen requisitos básicos muy similares. Otras normas y recomendaciones internacionales tienen características similares. Existe una base de conocimiento que determina los límites mínimos de las instalaciones de aire acondicionado para garantizar la protección de los pacientes y del personal médico. Desafortunadamente, muchas instalaciones no siguen las regulaciones y un ejemplo es el uso de sistemas mini split o VRF en hospitales.

La mala aplicación del split

Las unidades de aire acondicionado tipo split se han desarrollado para el confort térmico. De forma simplificada, un conjunto de ventilador y un serpentín de enfriamiento o calentamiento. Estos dispositivos están diseñados para uso residencial únicamente. El equipo dividido consta de dos partes: evaporador y condensador, que se pueden ver en la figura 14. Tenga en cuenta que no hay un sistema de conductos de aire, solo una tubería de refrigerante. La unidad evaporadora (ubicada dentro de la habitación) tiene un ventilador de baja presión y capacidad de flujo, un serpentín y una pantalla filtrante (figura 15). Las unidades evaporadoras no cuentan con un mecanismo de dispersión del aire en el ambiente que permita cumplir con estándares de confort térmico como NBR16401. El sistema de filtración apenas llega a la clase G1, porque en general se trata de pantallas como las que se muestran en la figura 16.

Considerando solo los entornos para infecciones contagiosas, se presentan los argumentos técnicos en contra de los sistemas de tipo dividido. Considere la figura 17, que muestra un dispositivo dividido y un paciente que emite contaminantes. El aire se recircula en el ambiente sin un tratamiento adecuado, lo que evita la dilución de contaminantes. Los entornos con este tipo de dispositivo aumentan la proliferación de enfermedades infecciosas transmitidas por el aire.

Los puntos requeridos por la norma para una habitación o UCI para infecciones contagiosas se discuten a continuación:

- Temperaturas entre 21 y 24 C,
 - *técnicamente posible de atender con un dispositivo dividido*
- 40 a 60% de humedad relativa,
 - *no es posible lograr con este tipo de dispositivos divididos. Estos dispositivos, debido a que recirculan el aire y no tienen toma de aire exterior, no cuentan con mecanismos de control de la humedad. El aire en una habitación cerrada tenderá a deshumidificarse y con una alta probabilidad de estar por debajo del 40%.*
- Flujo de aire mínimo 18 m³ / h / m² - para una habitación con 3 m de pie directo esto representa 6 ACH
 - *No es posible con dispositivos divididos, independientemente de los movimientos del aire, estos dispositivos no tienen mecanismos de renovación de aire. La norma es que todo el aire debe extraerse del medio ambiente y descargarse a la atmósfera.*
- Presión negativa, en las notas del estándar se considera una presión de -2.5Pa
 - *No es posible con estos dispositivos divididos. Algunos vendedores de sistemas divididos argumentan que el movimiento del aire genera presión negativa. Esto no es cierto, ya que la diferencia de presión entre ambientes*

solo se obtiene cuando hay una diferencia entre el flujo de entrada y el escape. Esto no es técnicamente posible en un sistema dividido.

- Filtración mínima para suministro de aire de nivel G4.
 - No es posible con filtros instalados en dispositivos divididos. No cumplen ni presentan certificados de conformidad con las normas vigentes de filtrado.
- Todo el aire de la habitación debe extraerse y descargarse a la atmósfera para su dispersión por dilución.
 - Si no se puede hacer de forma segura, el aire debe filtrarse a través de filtros A3 (Hepa13 o ISO35H).
 - Opcionalmente
 - Solo recirculación en la habitación
 - 2 renovaciones de aire exterior
 - Agregar a la insuflación filtros F7 y A3 (clasificación antigua para filtros HEPA en Brasil, equivaldría a un H13 o ISO35H)
 - Los sistemas divididos no tienen sistemas de filtración adecuados y los ventiladores no tienen suficiente presión para compensar la pérdida de carga de un filtro HEPA. Además, los aparatos Split no tienen tomas de aire exterior.

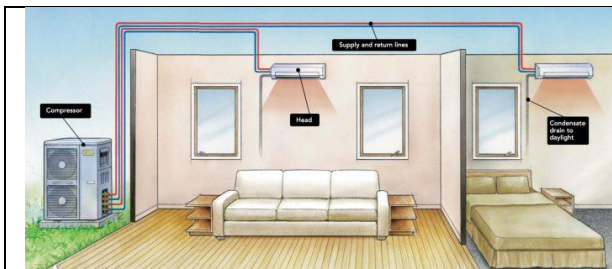


Figura 14. Componentes de un sistema split
Fuente: <https://www.finehomebuilding.com/2019/03/07/high-performance-hvac-2>

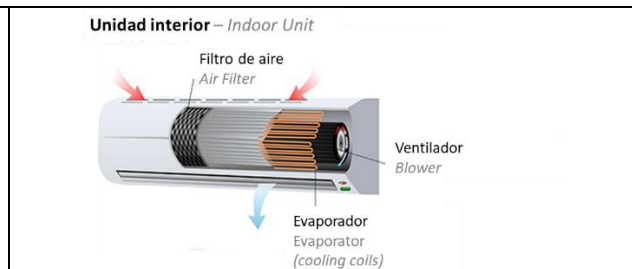


Figura 15. Componentes de la unidad evaporadora
Fuente: <http://twentyonecelsius.com.au/blog/everything-you-need-to-know-about-hvac-systems/>

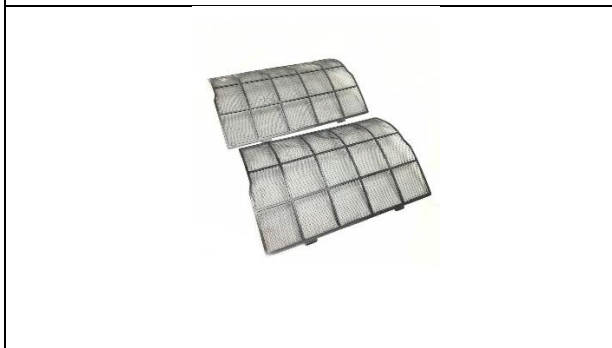


Figura 16. Filtros encontrados en sistemas split

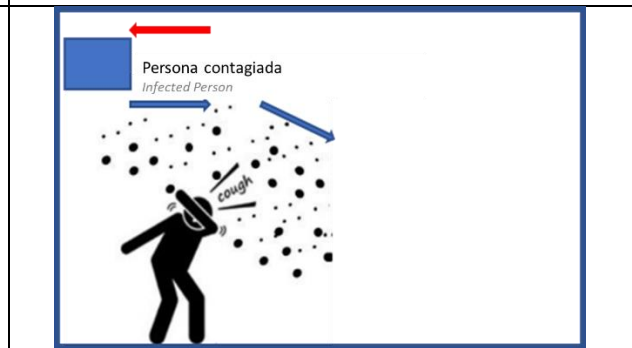


Figura 17. Distribución de aire generada por un split

Conclusiones

Se presentaron los conceptos básicos del control de la contaminación para respaldar técnicamente la comprensión de los requisitos de las normas. Los mecanismos de mitigación de contaminantes son: contención, captura, dilución y control. Existen tecnologías históricamente probadas y se pueden encontrar en el mercado. La combinación y correcta selección de componentes debe llevarse a cabo en un proyecto de ingeniería de detalle y basarse en información de usuarios y arquitectos del hospital. La norma brasileña para el diseño de establecimientos de salud presenta los requisitos mínimos para cada ambiente hospitalario y aquí solo se discutieron las habitaciones para pacientes infecciosos contagiosos. El estándar brasileño está en línea con las recomendaciones internacionales. Los proyectos realizados de acuerdo con las recomendaciones internacionales y las normas brasileñas garantizan una buena calidad del aire y control de la contaminación en los hospitales.

El uso de soluciones de bajo costo sin una base técnica adecuada ha generado la percepción de que los sistemas de aire acondicionado hospitalarios son más perjudiciales para la salud que beneficiosos. Desafortunadamente, esta es la realidad de muchos centros de salud brasileños. El uso desenfrenado de dispositivos de tipo dividido en este tipo de aplicación no tiene base técnica y está en desacuerdo con todos los estándares y recomendaciones. Se puede decir que las instalaciones de salud con sistemas divididos aumentan el riesgo a la salud y aumentan las infecciones hospitalarias. Los organismos de inspección, CREA y ANVISA son los encargados de exigir el cumplimiento de las normas, solicitando certificados de responsabilidad técnica para el diseño, ejecución y mantenimiento.

Referencias bibliográficas

- ASHRAE Applications Handbook 2019 - Chapter 9. Health care facilities
 - ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170
 - HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics – ASHRAE
 - ABNT NBR ISO 14644 Salas Limpas e Ambientes Controlados Associados
 - David Ensor e Robert Donovan. Handbook of contamination control in microelectronics – Chapter 1,
 - Kowalski, W.J., Bahnfleth, W.P. 2002. MERV Filter Models for Aerobiological Applications. Air Media. Summer: 13-17. Building Retrofits for Increased Protection Against Chemical and Biological Releases
 - <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/background/air.html#figure1> – accedido el 21 de julio de 2020.
 - EN 779-2002
 - EN 779-2021
 - ASHRAE 52.1 – 1992
 - ASHRAE 52.2 – 2012
 - EN 1822 – Parts 1 – 5
 - EN 1822 – Part 1 – 2019 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Classification, performance testing, marking
 - ABNT – NBR 7256 Tratamento de ar em estabelecimentos assistências de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução de instalações
 - Vijayakumar R., Adolph, M. Zen of the filter classes. Air Conditioning and Refrigeration Journal. The Magazine of the ASHRAE. November-December 2013.
 - ABNT-NBR16401
-

Escrito por el Dr. Ing. Marco Adolph - Ingeniero mecánico de la UFPR, Máster y PhD de UNICAMP, MBA en gestión de proyectos de FGV. Ocupó varios puestos en TROX Alemania, Brasil y Estados Unidos. Actualmente director técnico de TROX MÉXICO y director general de TROX North America. Participó en comités normativos en ABRVA, ABNT, ISO. Miembro de ASHRAE.