

Guía de control de infecciones sobre calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para jefes de enfermería y médicos



Reconocimientos:

- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (American National Standards Institute, ANSI)
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention, CDC)
- Instituto de Directrices de Instalaciones (Facilities Guidelines Institute, FGI)
- La Sociedad Estadounidense de Ingeniería de Atención Médica (American Society for Health Care Engineering, ASHE)
- ASHRAE

Producido por:

- TLC Engineering Solutions
 - Michael P. Sheerin, PE, LEED AP
 - Robert D. Danner
 - Kim E Shinn, PE, becario LEED, BEMP
 - Aaron L. Johnson, PE, LEED AP BD + C
 - Anthony A. Scaccia PE, LEED AP BD + C

Índice

Índice	2
Introducción	3
Breve revisión bibliográfica	4
Revisión a profundidad	5
Equipo de protección personal.....	5
Presurización	5
Mantener la puerta cerrada	7
Filtración	7
Dilución	8
Equipo de HVAC	9
Salas de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire (AIIR)	12
Salas de entorno protector (PE)	13
Mejores prácticas y recomendaciones	13
Comunicación	13
Humedad relativa	14
Antesalas	15
Condiciones temporales.....	16
Modos de transmisión	17
Tecnología nueva y emergente	17
Conclusión	18
Casos prácticos	18
Estudio de caso A: FGI 2021	18
Estudio de caso B: Shobha Subhash 2013.....	20
Herramientas	22
Glosario	23
Notas finales	26

Introducción

Un principio fundamental del control de infecciones en entornos de atención médica es que las infecciones asociadas a la atención médica no son inevitables. El sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) es un componente crítico del control de infecciones en una instalación de atención médica.

El sistema de HVAC es responsable de templar el aire, ajustar la humedad relativa en un espacio, establecer relaciones de presurización entre espacios, filtrar y diluir el aire recirculado a través del edificio, ventilar el edificio y eliminar contaminantes (es decir, sustancias que pueden hacer que el aire sea impuro y peligroso para respirar) de los espacios.¹ Este documento explora estos conceptos en el contexto del control de infecciones desde una perspectiva clínica.

Los médicos que entienden el sistema de HVAC de la instalación pueden maximizar sus contribuciones esenciales al control de infecciones ya que se evita el uso indebido del sistema y los resultados no deseados. Debido a que las decisiones de operación del edificio son tomadas en última instancia por el propietario y los operadores del edificio, la comunicación frecuente y clara entre los equipos clínicos y de las instalaciones es la mejor práctica para garantizar que se satisfagan las necesidades ambientales y de control de infecciones del paciente.

Los centros de atención médica para pacientes hospitalizados tienen parte del aire más limpio que se encuentra en el entorno construido y deben cumplir con estrictas regulaciones ambientales de organizaciones como el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI), ASHRAE y la Sociedad Estadounidense de Ingeniería de Atención Médica (ASHE). La *ventilación de instalaciones de atención médica*, que se produjo por primera vez en 2008, es un Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, y es una estándar importante que dicta los requisitos para el diseño de HVAC.²

La versión de 2017 del Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 redefinió drásticamente los requisitos de espacio ambulatorio, por lo que es posible que las instalaciones ambulatorias no se diseñen ni operen con los mismos estándares que los espacios hospitalarios. Sin embargo, sigue siendo común en los espacios ambulatorios realizar procedimientos generadores de aerosol (AGP) y alojar a pacientes positivos para enfermedades infecciosas transmitidas por el aire. La combinación de estándares de HVAC menos estrictos y enfermedades infecciosas puede causar problemas de contaminación.

La Figura 1 detalla un esquema de ventilación básico. El aire exterior fresco (OSA) se lleva constantemente al sistema (ductos azules) a una unidad de tratamiento de aire (AHU) de la estación central, que acondiciona y filtra el aire. Ese aire fluye a las habitaciones como aire de suministro (ductos verdes). Una vez en un espacio, el aire de suministro puede ser:

- recirculado a la AHU (ductos amarillos) para mezclarse con OSA fresca, reacondicionarse y reabastecerse en un espacio;
- liberado (ductos rojos) y eliminado del edificio.

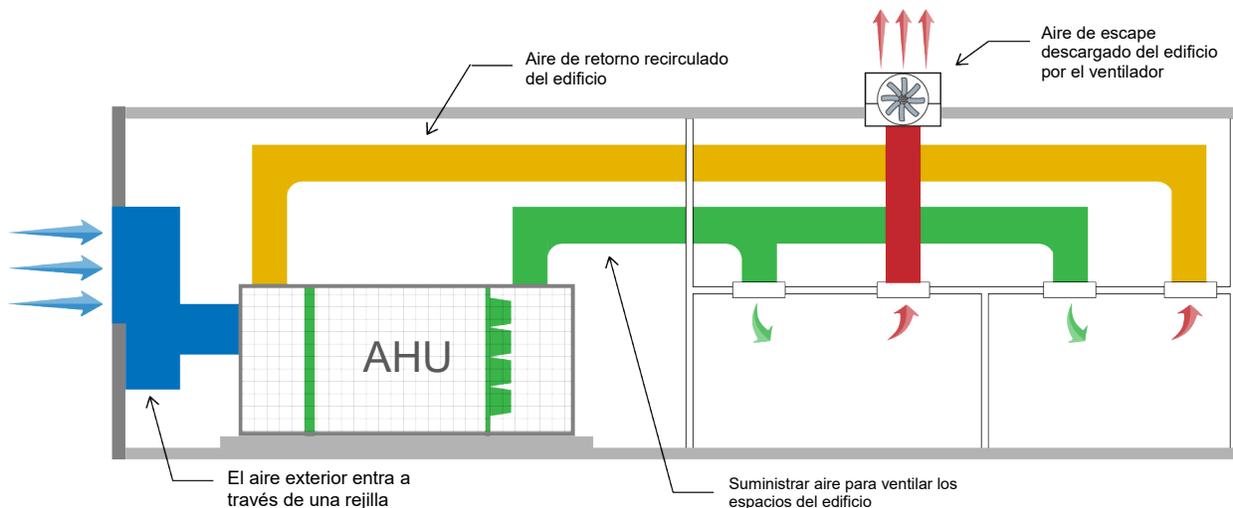


Figura 1. Esquema del sistema de ventilación.

Breve revisión bibliográfica

El diseño de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) de un edificio depende del tipo de instalación, así como de la ubicación, del clima, de los códigos de construcción y del capital disponible. Aunque las referencias y adopciones de códigos locales y estatales varían de una ubicación a otra, la orientación más pertinente proviene del **Instituto de Directrices de Instalaciones (FGI)**, que establece directrices dedicadas a la planificación, al diseño y a la construcción, y de **ASHRAE**, que produce estándares dedicadas al entorno construido. Tres de los estándares más cruciales para las instalaciones de atención médica de ASHRAE son los siguientes:

- Estándar ANSI/ASHRAE 52.2, *Método de prueba de dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula*
- Estándar ANSI/ASHRAE 62.1, *Ventilación para una calidad aceptable del aire interior*
- Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica*

El estándar **ANSI/ASHRAE 52.2** establece las clasificaciones del valor mínimo de informe de eficiencia (Minimum Efficiency Reporting Value, MERV) para los filtros, que indican cuántas partículas absorben los filtros del aire. Basándose en la tasa de captura de partículas de varios tamaños, los filtros reciben una clasificación de MERV que permite a los consumidores comparar productos en una escala uniforme.³

La cantidad de aire exterior suministrado a un espacio está determinada por el Estándar **ANSI/ASHRAE 62.1**⁴ o por el estándar **ANSI/ASHRAE/ASHE 170** (específicamente para espacios de atención médica).⁵ El Estándar ANSI/ASHRAE 62.1 utiliza el tipo de espacio, los niveles de ocupación y el área de suelo para determinar la cantidad de aire exterior suministrado a un espacio.⁶ El Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 también considera el tipo de espacio y especifica además el número de veces que se cambia el aire en un espacio (cambios de aire por hora [ACH]).⁷ Un diseñador de HVAC diseñará espacios no sanitarios según los requisitos mínimos del Estándar ASHRAE 62.1 y un espacio de atención médica según los requisitos que sean más estrictos entre el Estándar ANSI/ASHRAE 62.1 y el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170.⁸

Revisión a profundidad

Equipo de protección personal

Cuando se trabaja o se llevan materiales a un área de enfermedades infecciosas, siempre se debe usar equipo de protección personal (EPP), independientemente de si una persona entra físicamente en la habitación de un paciente o no. Este requisito se aplica a médicos, técnicos de HVAC, personal de servicios ambientales (Environmental Services, EVS) o trabajadores administrativos en estas áreas.⁹ Si no es absolutamente necesario, no es aconsejable pasar a través de un área que aloje a un paciente infectado y los ocupantes del edificio deben utilizar rutas alternativas.

Los sistemas HVAC por sí solos son incapaces de proteger a alguien en la misma habitación de un paciente infeccioso. Siempre se requiere EPP.¹⁰

Presurización

La presurización se refiere a dirigir las relaciones de flujo de aire entre los espacios. En un sistema de HVAC con un mantenimiento adecuado, la presurización reduce las posibilidades de exposición de los ocupantes al aire contaminado, ya que se hace circular aire desde espacios limpios hasta espacios menos limpios.

Por lo general, las habitaciones con contaminantes aéreos se establecen a una presión de aire relativa negativa, lo que lleva aire a la habitación en lugar de empujarlo hacia afuera. Contiene contaminantes en el espacio donde se generan. La presión negativa se establece eliminando (es decir, volviendo a la unidad de tratamiento de aire [AHU] o agotando) más aire de un espacio del que se suministra. Este desequilibrio extrae aire adicional de los espacios adyacentes para compensar el aire eliminado. De esta manera, la relación de presión negativa puede mitigar las posibilidades de que los contaminantes peligrosos viajen a áreas limpias. Es de vital importancia tener en cuenta que cualquier relación de presión depende de que las puertas permanezcan cerradas, lo que se comentará en la siguiente sección.

Por el contrario, una presión de aire relativa positiva expulsa el aire de una habitación en lugar de atraerlo. Esto minimiza los contaminantes en espacios que pueden albergar a un paciente inmunodeprimido (p. ej., quirófano [OR] o sala de entorno protector [PE]).¹¹ La presión positiva se establece al devolver menos aire del que se suministra a una habitación, por lo que el aire se expulsa constantemente de la habitación hacia los espacios circundantes. Esto evita que los contaminantes aéreos rodeen los espacios fuera de la sala positivamente presurizada.

Cuando la puerta esté cerrada, se inducirá el aire a la habitación a través de pequeñas aberturas alrededor del marco de la puerta. En la señalización, la presión se indica con los siguientes símbolos dentro de un triángulo:

- + para positivo 
- 0 para neutral 
- — para negativo 

El aire de transferencia para fines de presurización negativa o positiva se indica mediante una flecha rota en la línea a través de la puerta, como se muestra en la Figura 2.¹²

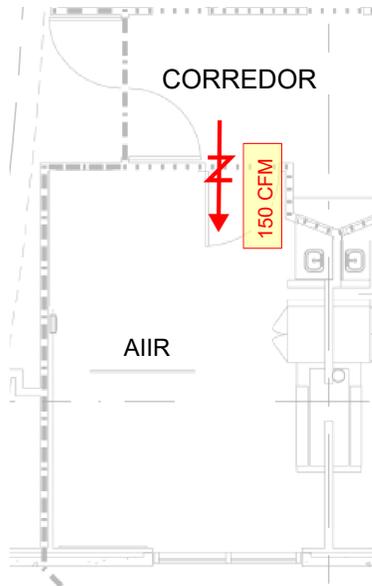


Figura 2. Símbolo de aire de transferencia para presurización negativa.

La Figura 3 y la Figura 4 muestran las perspectivas interiores de una habitación negativa y una habitación positiva, respectivamente. En la Figura 3, el papel de seda de la parte inferior de la puerta se está soplando en la sala a medida que entra aire por los huecos alrededor de la puerta cerrada. En la Figura 4, el papel de seda se aprieta a la puerta cerrada, a medida que se aspira aire alrededor de los espacios.



Figura 3. Vista desde el interior de una sala de presión negativa.



Figura 4. Vista desde el interior de una sala de presión positiva.

Mantener la puerta cerrada

Las capacidades de control de infecciones de todos los sistemas de HVAC pueden dejar de ser útiles por un solo factor: los errores humanos. La oportunidad más común para que se produzca un error humano involuntario es dejar una puerta abierta.

Un espacio bajo presión negativa pierde su relación de presión cuando se abre la puerta porque el sistema de HVAC está diseñado para inducir aire a través de las grietas alrededor del marco de la puerta con la puerta cerrada. Una vez abierta la puerta, el área de la abertura a través de la cual se induce el aire se hace mucho más grande de lo que el diseño pretende, y el sistema de HVAC es incapaz de mantener la relación de presión con el espacio adyacente. Esto permite que las partículas migren de la sala contaminada a los espacios adyacentes.

Considere una situación en la que alguien fuma un cigarrillo en una habitación, como se muestra en la Figura 5. Si la persona mantiene cerrada la puerta, las partículas de humo permanecerán en gran medida dentro de la habitación porque no hay relación de presión entre la habitación y sus espacios adyacentes. La apertura de la puerta fuerza un intercambio entre el aire ahumado y el espacio adyacente. El aire contaminado contenido por presión negativa migra exactamente de esta manera cuando la puerta de la habitación del paciente no está cerrada.

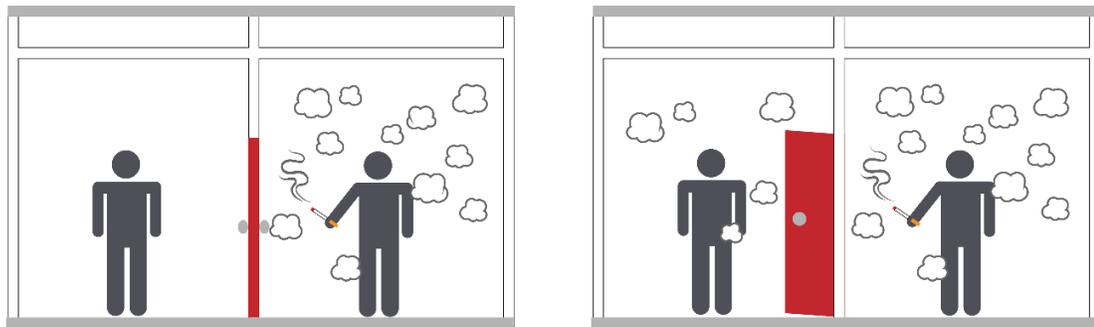


Figura 5. Humo que migra en interiores.

Filtración

La filtración se refiere al aire que pasa a través de medios que impiden que las partículas continúen en el flujo de aire de suministro. La filtración es una función importante del sistema de HVAC, y el aumento de la filtración es una estrategia bien fundamentada para la limpieza del aire. Sin una filtración adecuada, tanto los ocupantes del edificio como el equipo de HVAC podrían sufrir efectos adversos.

Los filtros (es decir, los medios de atrapamiento de partículas) se clasifican en un sistema de valor de informe de eficiencia mínima (MERV) basado en la capacidad de detener partículas de varios tamaños.¹³ A medida que aumenta la clasificación MERV, también aumenta la eficiencia del filtro para capturar partículas más pequeñas.

La Tabla 1, tomada del Estándar 52.2 de ASHRAE, *Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula*, muestra las clasificaciones de filtro de aire en partículas (HEPA) de alta eficiencia y MERV por eficiencia promedio del tamaño de partícula (PSE). Un edificio comercial típico tendrá un filtro MERV 8, mientras que una instalación hospitalaria tendrá al menos un filtro MERV 14.¹⁴

Calificación de MERV	PSE promedio de 0.3-1.0 micras	PSE promedio de 1.0-3.0 micras	PSE promedio de 3.0-10.0 micras
1			<20 %
2			<20 %
3			<20 %
4			<20 %
5			20-34.9 %
6			35-49.9 %
7			50-69.9 %
8			70-84.9 %
9		< 50 %	≥ 85 %
10		50-64.9 %	≥ 85 %
11		65-79.9 %	≥ 85 %
12		80-89.9 %	≥ 90 %
13	<70 %	≥ 90 %	≥ 90 %
14	75-84.9 %	≥ 90 %	≥ 90 %
15	85-94.9 %	≥ 90 %	≥ 90 %
16	≥ 95 %	≥ 95 %	≥ 95 %
HEPA	≥ 99.97 %	≥ 99.97 %	≥ 99.97 %

Tabla 1. Nivel de filtración por clasificación de MERV. Fuente: Estándar ASHRAE 52.2

El aire descargado de un filtro de HEPA que funciona y se mantiene adecuadamente contiene menos partículas (incluidos elementos como polen, polvo y microbios) que el aire exterior fresco. De hecho, los filtros de HEPA fueron diseñados para filtrar partículas radiactivas del aire por el Ejército de los EE. UU. durante su desarrollo de armas nucleares en la Segunda Guerra Mundial. Estos filtros todavía se utilizan en la industria de la energía nuclear en la actualidad.¹⁵

Dilución

A menudo, las partículas infecciosas son demasiado pequeñas para seguir el movimiento del flujo de aire masivo desde un difusor de suministro hasta una rejilla de escape. Las partículas infecciosas flotarán y chocarán con otras partículas y rebotarán alrededor del espacio cerrado.¹⁶ Las partículas se pueden considerar eliminadas de la sala solo después de que haya pasado el tiempo suficiente para que el sistema de HVAC las lave mientras la sala está desocupada con la puerta cerrada. Consulte la Tabla 2 para conocer los tiempos de descontaminación necesarios en función de la tasa de cambio de aire por hora (ACH) del espacio.¹⁷ Es importante tener en cuenta que un

ACH de uno no descontamina la sala; se necesitan muchos ACH para que una sala se haya descontaminado efectivamente por un sistema de HVAC. Sin embargo, no se debe confiar únicamente en un sistema de HVAC para descontaminar una habitación. Por ejemplo, algunas partículas se asentarán en las superficies expuestas y requerirán una desinfección adicional de la superficie, normalmente mediante EVS.

ACH	Eficiencia del 99 % (minutos)	Eficiencia del 99.9 % (minutos)
2	138	207
4	69	104
6	46	69
7	35	52
10	28	41
12	23	35
15	18	28
20	14	21
50	6	8

Tabla 2. Tiempos de descontaminación para ACH variable según CDC.¹⁸

Equipo de HVAC

Los sistemas de HVAC pueden recibir aire de una estación central de AHU o de unidades de recirculación de salas más pequeñas (p. ej., unidad de bobina de ventilador [FCU]). La temperatura del aire está regulada (es decir, templada) por los mismos principios en ambas unidades, pero la calidad del aire suministrado difiere enormemente. Las unidades de recirculación de la sala calientan o enfrían el aire, pero es posible que no tengan niveles más altos de filtración. Una AHU de estación central proporciona filtración avanzada (MERV 14 o superior para instalaciones hospitalarias según el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170).¹⁹ La Figura 6 indica las ubicaciones del prefiltro y del filtro final en una AHU. El prefiltro proporciona una dilución mínima o nula (consulte la sección anterior); su función principal es proteger los componentes de la AHU de daños causados por partículas grandes.²⁰ Un filtro final proporciona los niveles de filtración necesarios para ventilar de forma segura el edificio.²¹

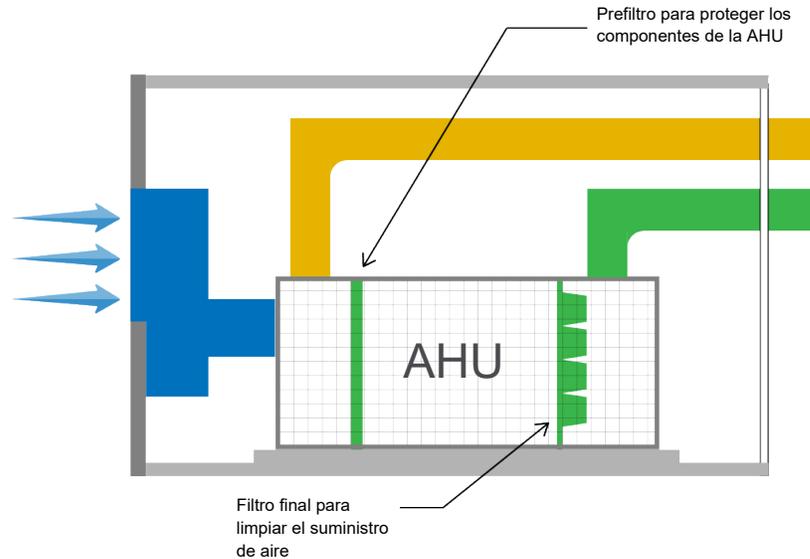


Figura 6. Lugares del filtro previo y final.

Por el contrario, las unidades de recirculación en sala solo tienen prefiltros y no tienen filtros finales, como se muestra en la Figura 7. Es probable que los prefiltros solo tengan la clasificación MERV 8 y, como se mencionó, no proporcionarán niveles adecuados de control de infecciones por sí solos.²² Se necesitarán equipos adicionales, como filtros de HEPA portátiles, para presurizar y filtrar el aire con una unidad de recirculación en la habitación para cumplir con los requisitos de control de infecciones.²³

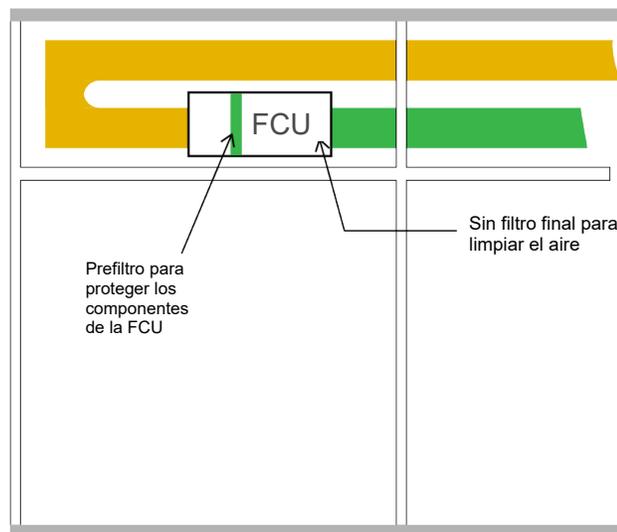


Figura 7. Prefiltro en una unidad de recirculación.

Para algunos espacios, el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 requiere ubicaciones específicas para la fuente de aire de suministro (también conocida como entrada) o abertura de retorno/escape (también conocida como salida). Por ejemplo, las salidas de escape de la sala AIIR deben ubicarse directamente encima de la cabecera de la cama, como se muestra en la Figura 8.²⁴ En esta disposición, los resultados infecciosos de la tos, estornudos, etc. de un paciente se dirigirán lejos del personal²⁵ de atención médica hacia la rejilla de escape y se descargarán directamente

fuera del hospital.²⁶ Por este motivo, la colocación del paciente en las salas AIIR debe mantenerse por debajo de la rejilla de escape en la medida de lo posible.

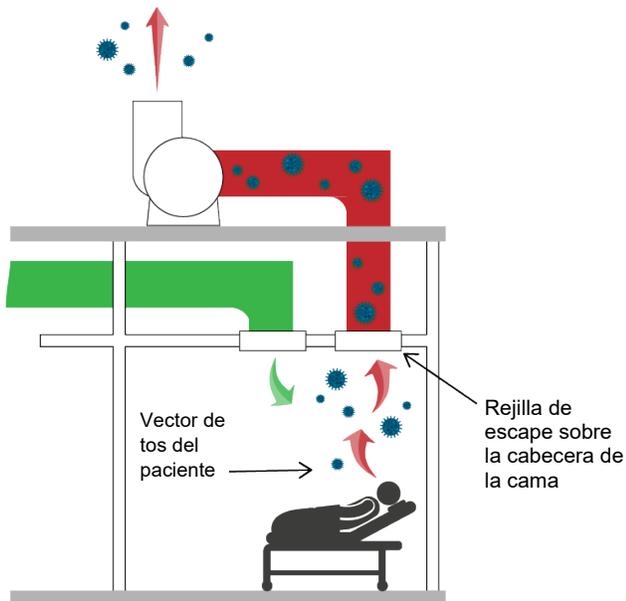


Figura 8. Ubicación de la rejilla de escape (salida) de AIIR.

Espacios como quirófanos (OR), broncoscopia, ciertas imágenes nucleares y almacenamiento de gas médico están diseñados con salidas ubicadas en la parte inferior de la pared.²⁷ Como se muestra en la Figura 9, estas paredes bajas devuelven el gas denso de escape desde el área inferior de la sala o ayudan a crear un flujo de aire uniforme (laminar) a través de la cama del paciente y lejos del personal de atención médica.²⁸ Estos puntos bajos de escape o retorno de la pared deben mantenerse alejados de cualquier equipo o material para funcionar correctamente.

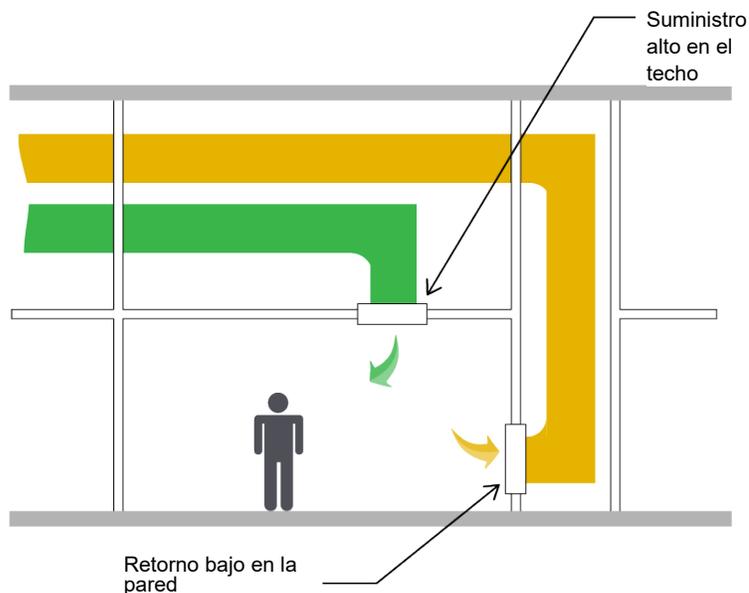


Figura 9. Diagrama de retorno de pared bajo.

Los espacios críticos como quirófanos para procedimientos ortopédicos, trasplantes, neurocirugías y procedimientos de unidades de quemaduras dedicadas, y salas limpias de farmacias y salas de entorno protector (PE) con frecuencia tendrán filtros de HEPA ubicados dentro de la entrada de suministro del techo, que es un método eficaz para proporcionar el menor recuento de partículas al espacio.²⁹

Salas de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire (AIIR)

Una sala de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire (AIIR) es un espacio diseñado para alojar a pacientes en investigación o confirmados positivos para enfermedades infecciosas transmitidas por el aire ³⁰(p. ej., gripe, tuberculosis, COVID-19, paperas, sarampión y tos ferina).³¹ Estos espacios tienen un mayor ACH para descontaminar la sala. Por ejemplo, una sala de AIIR debe tener 12 ACH (sala de pacientes de cuidados intensivos: 4 ACH; unidad de cuidados intensivos: 6 ACH).³² Todo el aire suministrado a una AIIR se expulsa directamente al aire libre a través de un sistema de escape específico (y peligroso).

Revise la Tabla 2 para ver los tiempos de descontaminación para espacios con diferente ACH. Cuando esté en uso, la puerta debe estar cerrada en todo momento, excepto cuando sea necesario para los miembros del equipo designados vestidos con el EPP adecuado.³³

Siempre que se realice un procedimiento generador de aerosol (Aerosol-Generating Procedure, AGP) en una persona en investigación o se confirme un resultado positivo para una enfermedad infecciosa transmitida por el aire, el procedimiento debe realizarse en una AIIR.³⁴ La Figura 10 proporciona un diagrama de flujo de aire de una AIIR durante un AGP. La AIIR es negativa hacia el pasillo. Las partículas en aerosol se expulsarán de la sala debido al mayor ACH a través de la rejilla de escape por encima de la cabecera de la cama, y se descargarán del hospital mediante un ventilador de escape.³⁵

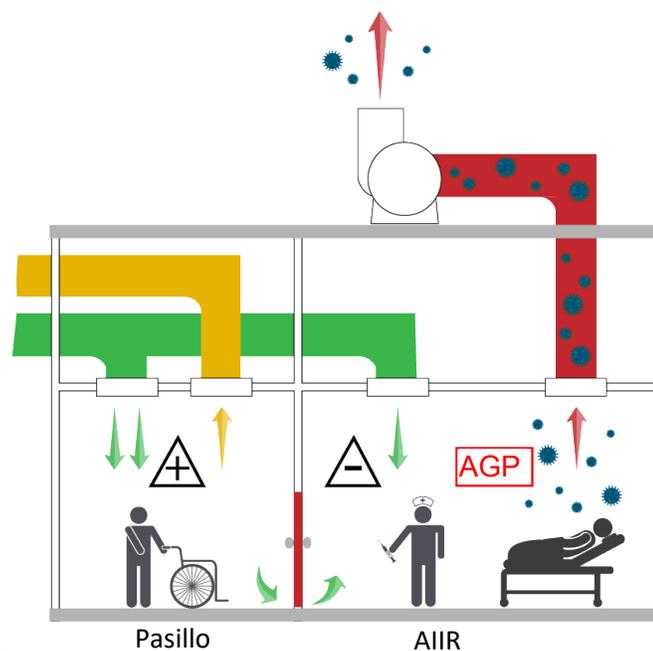


Figura 10. AGP tiene lugar en una AIIR.

Salas de entorno protector (PE)

A la inversa que las AIIR, las salas de entorno protector (PE) están diseñadas para contener a pacientes inmunodeprimidos y protegerlos de cualquier posible contaminante en el aire en espacios adyacentes.³⁶ La sala de PE opera bajo los mismos principios que una AIIR: relaciones de presión, una puerta cerrada y un aumento de ACH de 12.³⁷

Sin embargo, las salas de PE son distintas de las AIIR y deben utilizarse de forma diferente. Una sala de PE tendrá una relación positiva con los espacios adyacentes para mantener fuera cualquier contaminante aéreo por la seguridad de la persona inmunodeprimida. Además, de manera diferente a una AIIR, una sala de PE no necesita un escape al aire libre porque la persona susceptible no produce partículas peligrosas para otros ocupantes del edificio.³⁸

Mejores prácticas y recomendaciones

Muchas veces, los propietarios de edificios buscan un edificio que supere los requisitos mínimos de código en un esfuerzo por lograr una mayor resiliencia, un mejor rendimiento operativo y una mejor experiencia de los ocupantes. Las siguientes son recomendaciones operativas y de diseño para lograr estos objetivos en lo que respecta al control de infecciones mediante sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

Comunicación

Los médicos deben conocer las características y limitaciones del sistema de HVAC para comprender mejor qué habitaciones son las más adecuadas para alojar a sus pacientes (leer este documento es un excelente comienzo). También es una buena práctica desarrollar un proceso de comunicación fiable con la gestión de las instalaciones de atención médica.

Con un proceso de comunicación fiable, las instalaciones pueden y deben alertar al equipo clínico sobre el tiempo de inactividad del sistema de HVAC o las limitaciones temporales, para que el equipo clínico pueda responder de forma eficaz. Del mismo modo, los líderes de equipos clínicos pueden y deben informar al personal no clínico sobre los procedimientos y actividades que se realizan en su espacio clínico, así como las áreas que albergan a personas en investigación o que se confirma que son positivas para enfermedades infecciosas transmitidas por el aire.

Además, los sistemas de HVAC no son perfectos, e incluso con las medidas de redundancia implementadas, las máquinas pueden fallar. Estos fallos deben comunicarse de forma rápida y correcta. Los médicos también se enfrentan a menudo a lo inesperado y pueden asociarse con instalaciones para apoyar soluciones rápidas y eficaces para la atención al paciente.

Por ejemplo, si no se dispone de una AIIR para un paciente infeccioso sospechoso o confirmado, pero se requiere espacio temporal o para procedimientos, hay alternativas disponibles. Como se discutió anteriormente, el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 requiere que el aire de ciertas áreas se libere directamente al aire libre. Las salas de espera de radiología, las salas de espera de emergencia, triajes, endoscopia y broncoscopia son ejemplos de estas áreas que podrían

considerarse.³⁹ Además, áreas como los quirófanos son alternativas viables, con una alta tasa de ACH para la dilución y un diseño específico para evitar la contaminación cruzada.⁴⁰

Si se desea cualquiera de estas soluciones temporales, la decisión debe comunicarse tanto al personal clínico como al personal de las instalaciones como descontaminación (consulte la Tabla 2) y se requeriría limpieza en la sala antes de que la sala pueda volver a utilizarse. Por supuesto, después de que la persona haya abandonado la sala, debe transcurrir el plazo necesario para la descontaminación del espacio (Tabla 2) antes de volver a utilizar la sala.

N.º de imagen de Getty: 1211642642



Se recomienda contar con un plan detallado para trasladar a las personas por el hospital. Diseñar este plan con la aportación del departamento de sus instalaciones podría ser mutuamente beneficioso y más seguro para sus pacientes. Por ejemplo, considere el proceso adecuado para trasladar a un paciente infeccioso del servicio de urgencias a una AIIR. La cantidad de tiempo que el paciente está fuera de la AIIR debe minimizarse y la ruta no debe pasar a través de espacios densamente ocupados. El plan debe actualizarse para reflejar cualquier disposición temporal o construcción en la instalación, que la gerencia de la instalación debe comunicarle.

Humedad relativa

La humedad relativa es una relación que expresa cuánto contenido de agua hay actualmente en el aire y cuánta agua puede contener el aire, lo que desempeña un papel importante en el control de infecciones. Por ejemplo, una HR del 50 % significa que el aire es la mitad de húmedo que es físicamente posible. Una HR del 100 % significa que el aire retiene tanta humedad como puede;

cualquier otra humedad provocará que se produzcan neblinas en el aire. La Figura 11 muestra los intervalos óptimos de humedad relativa para prevenir bacterias, virus, hongos, ácaros, infecciones respiratorias, rinitis alérgica, interacciones químicas y producción de ozono. El rango de humedad relativa del 40 % al 60 % es ideal para mitigar estos contaminantes. Los espacios que alojan a pacientes con infecciones transmitidas por el aire (si no todos los espacios que alojan a pacientes) deben mantenerse dentro de estos niveles.⁴¹

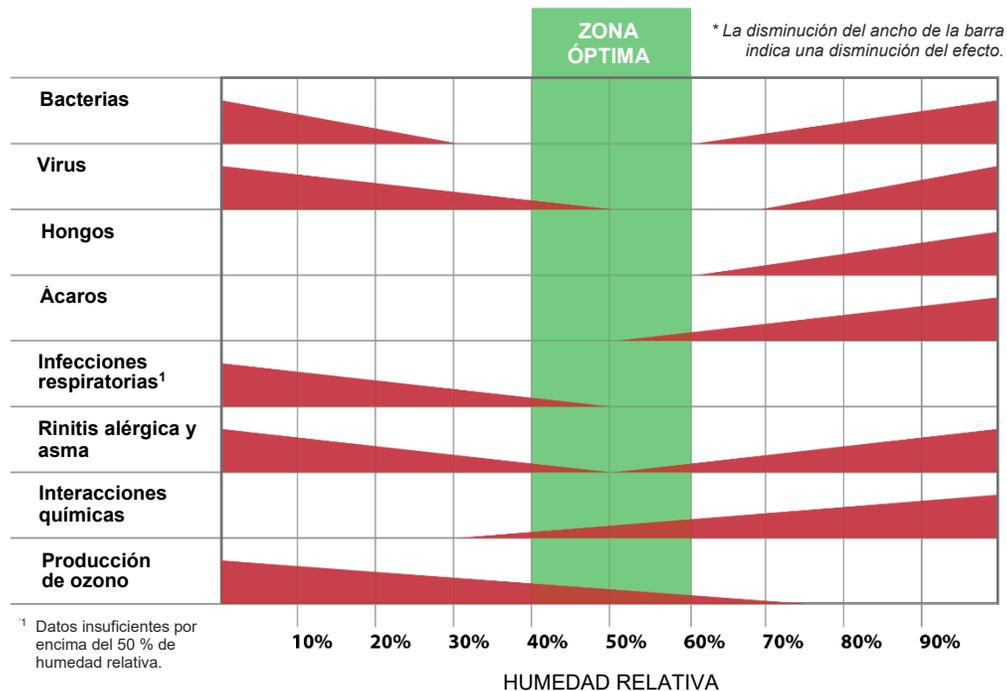


Figura 11. Tabla de riesgos Sterling para la humedad relativa.

Antesalas

Una antesala establece un espacio intermedio entre un espacio de aislamiento y sus espacios adyacentes.⁴² Resaltada en la Figura 12, la sala anterior funciona para que una persona pueda entrar o salir del espacio de aislamiento sin comprometer la relación de presión dentro. Cuando la sala de aislamiento está en uso, la puerta de la antesala debe cerrarse con acceso gestionado (similar a una puerta de AIIR). La antesala no debe utilizarse para el almacenamiento, excepto según lo dictado por el equipo clínico para lavarse las manos y ponerse/quitar el equipo de protección. Tenga en cuenta que las salas de aislamiento no equipadas con una antesala requerirán un espacio adecuado en el pasillo para lavarse las manos y ponerse/quitar el equipo de protección.⁴³



Figura 12. Sala previa para una sala de aislamiento.

La Figura 13 muestra el flujo de aire de limpio a menos limpio para una AIIR con una antesala: el aire se aspira hacia la antesala desde el pasillo y luego hacia la AIIR desde la antesala. Recuerde que abrir puertas compromete las relaciones de presión. Con una antesala colocada, esto significa que la puerta de la antesala y la puerta de AIIR no estarán abiertas al mismo tiempo, por lo que siempre habrá una puerta cerrada entre la persona infecciosa y los ocupantes del edificio en los espacios adyacentes.⁴⁴



Figura 13. Diagrama de presurización de la sala anterior.

Condiciones temporales

Para el control de infecciones, las instalaciones a veces introducen condiciones temporales en un espacio. Es de vital importancia conocer y apoyar esas disposiciones. Si se coloca una máquina de HEPA portátil en la sala, la máquina no debe apagarse porque proporciona una relación de presurización entre el área contaminada y los espacios adyacentes, así como para aumentar la dilución de contaminantes. Si la máquina de HEPA está apagada, la relación de presión se ve comprometida.⁴⁵

Modos de transmisión

Las personas, las corrientes de aire, los materiales de construcción, etc. llevan las infecciones transmitidas por el aire en huéspedes susceptibles al interior de una instalación de atención médica. Los microorganismos nocivos pueden proliferar en ciertas condiciones interiores y pueden servir como fuente de infecciones asociadas a la atención médica si entran en el sistema de HVAC. Existen dos tipos de transmisión para enfermedades infecciosas transmitidas por el aire: de corto y largo alcance.

El corto alcance se refiere a enfermedades (p. ej., tos ferina e infección meningocócica) en las que los microorganismos pueden permanecer activos e infectar a las personas a través de gotitas liberadas por una persona infectada.³ Los modos de transmisión de corto alcance incluyen tos, estornudos o hablar.

Los modos de transmisión de largo alcance son indirectos a través de núcleos de gotas en aerosol en el aire (p. ej., viento, sistemas de HVAC o corrientes de aire del edificio). Ejemplos de enfermedades causadas por la transmisión a largo alcance son la tuberculosis y el sarampión.⁹

Tecnología nueva y emergente

La tecnología nueva y emergente es una constante, especialmente en la atención médica, ya sea mejorando el entorno físico o los procesos operativos. Cuando la instalación incorpora tecnologías nuevas y emergentes, es necesario realizar una evaluación cuidadosa para determinar que se ha demostrado que son seguras y eficaces. Cualquier reclamación debe ser verificada por una agencia externa de buena reputación (p. ej., Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración [AHRI], Organización Internacional de Normalización [ISO], Underwriters Laboratories [UL], etc.).⁴⁶

Imagen de Getty n.º891071670



Conclusión

Un sistema de HVAC es una parte importante del sistema de control de infecciones de una instalación de atención médica y, cuando cualquier parte de un sistema no funciona según lo previsto, el éxito de todo el sistema puede verse comprometido. Aunque no es responsabilidad del equipo clínico supervisar y mantener el sistema de HVAC, el equipo debe comprender su propósito y función básica relacionados con el control de infecciones. Este conocimiento permite al equipo clínico optimizar los resultados del sistema (p. ej., garantizar que las rejillas de pared baja no estén bloqueadas o realizar un procedimiento generador de aerosol en una sala de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire) y reducir los errores humanos (p. ej., dejar la puerta abierta hacia una sala presurizada). Un equipo clínico informado apoya un sólido sistema de control de infecciones para una instalación de atención médica.

Casos prácticos

Estudio de caso A: FGI 2021

El Instituto de Directrices de Instalaciones (FGI) publicó un documento en marzo de 2021 titulado “Guía para el diseño de instalaciones de la salud y de atención residencial que responden y se adaptan a las condiciones de emergencia”, en el que se analiza un estudio de caso que destaca un centro médico académico en la región del Atlántico Medio de los Estados Unidos y la respuesta de sus instalaciones a la pandemia de COVID-19.⁴⁷

El estudio de caso incluye una guía útil para tratar a los pacientes ingresados por enfermedades infecciosas y analiza específicamente cómo tratar a los pacientes con diferentes niveles de gravedad de la afección. El documento también proporciona una exhaustiva tabla de evaluación de riesgos para enfermedades infecciosas que se alinea con las recomendaciones de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), enumeradas en la Tabla 3 a continuación.⁴⁸

Consideración del diseño de la instalación	¿Se aborda el peligro?	Prioridad	Riesgo	Otras notas, soluciones específicas
Capacidad de sobretensión (ED)	Propagación exponencial de la enfermedad	Alto	Alto	Convirtió la sala de conferencias del servicio de urgencias en estaciones de tratamiento adicionales.
Capacidad de sobretensión (UCI)	Propagación exponencial de la enfermedad	Alto	Alto	Dado que se cancelaron las cirugías programadas, la sala perioperatoria se utilizó para los pacientes con COVID-19 con un vestíbulo de tienda de evaluación de riesgo de control de infecciones (Infection Control Risk Assessment, ICRA) en los quirófanos con filtro de HEPA y presión positiva. Los volúmenes de aire se revirtieron para reducir la presión a través del umbral, y los filtros de HEPA independientes complementaron la ventilación del quirófano para la limpieza del aire.
Capacidad de sobretensión (morgue)		Media	Alto	Se añadieron contenedores y estantes de morgue alquilados (contenedores marítimos refrigerados), energía temporal y rampas de madera contrachapada.
Separación de poblaciones de pacientes (pacientes hospitalizados)	Transmisión (todos los tipos)	Alto	Alto	De acuerdo con el claro plan de operaciones de emergencia descrito, los pacientes no positivos, positivos y en investigación (Patient under Investigation, PUI) fueron separados inmediatamente. Esto fue fundamental para el resultado de ausencia de transmisión cruzada conocida de la enfermedad a los pacientes como resultado de estar en el hospital.
				Las unidades designadas para COVID-19 se identificaron en áreas/pisos que serían fáciles de aislar de acuerdo con el plan de operación de emergencia.
				Las zonas preoperatorias y de la UCI pediátrica (que cuentan con infraestructura y servicios de muro de contención) se utilizaron como camas de UCI adicionales para pacientes no infecciosos, lo que facilitó la separación de las poblaciones de pacientes.
Superficies (limpieza)	Transmisión por contacto (contaminación cruzada entre pacientes/cuidadores)	Alto	Media-alta	Desde el punto de vista operativo, todas las áreas conocidas y potenciales donde las personas positivas conocidas y desconocidas pueden haber estado ubicadas en las instalaciones se limpiaron en profundidad. Los EVS validaron inmediatamente los protocolos de limpieza con el Departamento de Prevención de Infecciones y actualizaron la formación del personal en técnicas de limpieza.
				Desde una perspectiva de diseño futura, las superficies se considerarían en la ICRA con respecto a cómo los acabados resistirían a los agentes de limpieza para garantizar que las superficies permanezcan limpias y no se degraden debido a los productos químicos cáusticos. ¿Cómo afecta esto al diseño de la habitación, el armario, la pared, etc.?
Higiene de manos		Alto	Media-alta	Se agregaron numerosas estaciones de desinfección de manos.
Espacio para ponerse/quitar e el EPP	Gotitas/contacto	Alto	Alto	Se establecieron barreras de ICRA temporales (presión negativa) en las entradas de la unidad, principalmente para ponerse y quitarse el EPP. Los vestíbulos de la ICRA se instalaron temporalmente en la puerta de entrada del quirófano (uso de capacidad de sobretensión).
Cómodo acceso al EPP	Gotita	Alto	Alto	Se han añadido numerosas estaciones para la distribución de mascarillas.
				Se proporcionó almacenamiento de grandes volúmenes de EPP en estantes móviles cubiertos que se mantuvieron en pasillos donde los volúmenes eran mayores. Cuando era factible, las oficinas y salas de conferencias se convirtieron en salas de almacenamiento para una distribución más localizada. Se mantuvo a mano suficiente EPP para 72 horas. Se creó un almacén para estos suministros para validar las caducidades.
				Para diseños futuros, se debe considerar el almacenamiento. ¿Qué se necesita para la entrega

				puntual de suministros? ¿Qué se almacena en el sitio en un almacén centralizado? ¿Qué escala se necesita?
Manipulación de aire	Transmisión por el aire	Bajo	Media	No se pudieron tener todas las salas de presión negativa. Debido a que las recomendaciones de los CDC no requerían que todas las UCI estuvieran en un espacio de presión negativa, esta era una prioridad menor. Alternativamente, se buscaron soluciones y se añadieron depuradores de aire de HEPA portátiles a las salas de la UCI que no eran de presión negativa.
		Alto	Media	Se creó un “modo viral” para revisar el sistema de manipulación de aire para aumentar los cambios de aire maximizando el suministro y el retorno de aire. Se utilizaron depuradores de aire de HEPA en los casos en los que se colocó a los pacientes en cohortes. Se consideró que se tomaran precauciones de transmisión por el aire para todos los PUI, de modo que se brindó espacios para estos pacientes y el nivel más alto de modificación de los sistemas existentes de AHU. También se instalaron unidades de filtración de HEPA independientes en esas áreas.
		Alto	Alto riesgo de transmisión durante ciertos procedimientos	Se crearon espacios de intubación (puerta cerrada) con habitaciones negativas temporales (ligeramente negativas) en áreas de traumatología y espacios de triaje utilizando HVAC existentes y unidades de recirculación de HEPA móviles añadidas.
Salas de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire (All)	Transmisión por el aire	Media	Bajo (se requieren habitaciones negativas solo para ciertos procedimientos)	La cantidad de salas de presión negativa se obtuvo del informe de equilibrio de aire. Aunque el personal pensó que necesitaban salas negativas adicionales, los CDC solo las recomendaron para los procedimientos de aerosolización. Debido a las limitaciones mecánicas existentes, las soluciones alternativas tuvieron resultados igualmente aceptables.
				Los procedimientos se realizaron en salas no negativas de “modo viral” con depuradores de aire.
				Los pacientes que dieron negativo para COVID-19, pero necesitaron salas de All médicamente necesarias se colocaron en salas de All en unidades que no eran de COVID-19 y tampoco de PUI.

Tabla 3. Tabla de evaluación de riesgos para la transmisión por el aire.⁴⁹ Cortesía de FGI.

Estudio de caso B: Shobha Subhash 2013

Un artículo titulado “Antesalas de aislamiento: componentes importantes del control de infecciones transmitidas por el aire” enfatiza el valor de las salas previas de aislamiento y proporciona ejemplos, incluido un caso en el que las medidas de control de infecciones se vieron comprometidas y sus ramificaciones.⁵⁰

El documento describe el caso de un enfermero que trabaja en una UCI y contrajo varicela de un paciente alojado en una AIIR, a pesar de no entrar nunca en la AIIR. Es importante tener en cuenta que esta persona no llevaba equipo de protección personal (EPP), lo que podría haber impedido la transmisión. Aunque el enfermero nunca entró en la AIIR, pasó por la AIIR mientras la puerta estaba abierta y entregó instrumentos médicos a sus compañeros a través de la puerta abierta mientras el compañero estaba de pie en la AIIR.

Si la AIIR se hubiera diseñado con una antesala para proporcionar un diferencial de presión entre la AIIR y el pasillo mientras el enfermero entregaba los instrumentos al compañero, o mientras

los colegas entraban o salían de la sala, es posible que este caso de transmisión no hubiera ocurrido.⁵¹

Herramientas

- Guía rápida del proyecto Firstline sobre el papel de HVAC en el control de infecciones para jefes de enfermería y médicos (2022)
- Diapositivas de desarrollo profesional de primera línea del proyecto sobre el papel de HVAC en el control de infecciones para jefes de enfermería y médicos (2022)
- Guía de control de infecciones de primera línea del proyecto sobre calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para gerentes de instalaciones de atención médica (2022)
- Guía de control de infecciones de primera línea del proyecto sobre calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para técnicos de HVAC (2022)
- “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica” de los CDC (julio de 2019).
- [Proyecto CDC Firstline.](#)
- Oficina del Programa de Preparación para Emergencias del Departamento de Salud de Minnesota. “Manejo de enfermedades infecciosas transmitidas por el aire, métodos para el aislamiento temporal de la presión negativa” (febrero de 2020).
- Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica* (2021)
- *Directrices del FGI para el diseño y la construcción de instalaciones de la salud* (2008)
- *American Journal of Infection Control*, “Antesalas de aislamiento: componentes importantes del control de infecciones transmitidas por el aire” (2013)

Glosario

ACH: cambios de aire por hora. El número de veces que se reemplaza el aire por hora en la sala. Reemplazar el volumen de aire en la sala una vez NO significa que la sala esté descontaminada. Consulte la Tabla 2 sobre los tiempos de descontaminación de los ACH para conocer los plazos recomendados para entrar en una sala peligrosa.

AGP: procedimiento generador de aerosoles. Procedimiento médico que produce partículas aéreas o gotitas respiratorias.

AHRI: Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración.

AHU: unidad de tratamiento de aire. Componente de HVAC responsable de filtrar, acondicionar y mover el aire alrededor de un edificio. Consulte también la **estación central de AHU**.

AIRR: sala de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire. Una sala diseñada según los requisitos del Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 destinada a proporcionar aislamiento de infecciones transmitidas por el aire.

ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares. Organización gubernamental de EE. UU. responsable de supervisar el desarrollo de estándares de consenso voluntario para productos, servicios, procesos, sistemas y personal. Participó en la publicación de el estándar *ANSI/ASHRAE 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior* y el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica*.

ASHE: Sociedad Estadounidense de Ingeniería de Atención Médica. Una asociación de profesionales que diseña, construye, mantiene y opera hospitales y otras instalaciones de atención médica, un recurso de confianza que proporciona educación, orientación normativa, representación de la defensa y desarrollo profesional. Participación en la publicación del Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica*.

ASHRAE: una sociedad internacional de ingenieros responsables de la producción de estándares y la realización de investigaciones de sistemas de HVAC. Anteriormente conocida como la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Participó en la publicación de:

- Estándar ASHRAE 52.2, *Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula*
- Estándar ANSI/ASHRAE 62.1, *Ventilación para una calidad aceptable del aire interior*
- Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica*

Unidad de tratamiento de aire de la estación central: un equipo grande de HVAC que normalmente se encuentra en su propia habitación o en el techo, que se encarga de calentar, enfriar, filtrar, mezclar y soplar el aire alrededor de la instalación.

Contaminante: sustancia contaminante que causa una impureza que se considera indeseable.

EVS: servicios medioambientales. Trabajadores hospitalarios responsables de la limpieza y desinfección del edificio. La primera línea de defensa de un hospital para la prevención de infecciones.

FCU: unidad de bobina de ventilador. Un equipo de HVAC responsable de enfriar o calentar el aire solamente. Similar a una AHU, pero normalmente solo sirve para un espacio y no tiene capacidades de control de infecciones.

FGI: Instituto de Directrices de Instalaciones. Organización que trabaja para desarrollar directrices dedicadas al diseño y a la construcción de hospitales y otras instalaciones de atención médica. Las publicaciones relevantes incluyen las siguientes:

- *Directrices del FGI para el diseño y la construcción de hospitales.*
- *Directrices del FGI para el diseño y la construcción de instalaciones ambulatorias.*
- *Directrices del FGI para el diseño y la construcción de instalaciones residenciales de salud, atención y apoyo.*

Filtro final: filtro de aire diseñado para ser el nivel final de filtración antes de que el aire salga de un equipo. Diseñado para eliminar partículas muy finas del aire.

HEPA: aire de partículas de alta eficiencia (filtro): filtro de aire mecánico capaz de filtrar al menos el 99.97 % de las partículas aéreas.

HVAC: calefacción, ventilación y aire acondicionado (sistema). Sistema del edificio responsable de templar, presurizar y ventilar el edificio.

UCI: unidad de cuidados intensivos. Una sala de pacientes dedicada a alojar a los pacientes en una afección más grave o liberada de un procedimiento médico exigente. También se puede denominar unidad de cuidados intensivos (UCI).

ISO: Organización Internacional de Normalización. Organización internacional dedicada a la producción de estándares en muchos productos y empresas.

MERV: valor de notificación de eficiencia mínima. Valor de calificación desarrollado por ASHRAE para informar de la capacidad de un filtro para capturar partículas de tamaño variable. Una clasificación de MERV más alta indica un filtro de mayor rendimiento.

Niveles de ocupación: cantidad de personas dentro de un espacio en cualquier momento. Normalmente, los sistemas de HVAC están diseñados para suministrar suficiente OSA fresco (según lo determinado por ANSI/ASHRAE 62.1) a la ocupación máxima prevista de un espacio.

Quirófano: sala quirúrgica en la que se realizan operaciones y cirugías médicas.

OSA: aire exterior. Aire del exterior que se introduce para establecer relaciones de presión, llevar aire respirable al edificio y diluir el aire de retorno recirculado del edificio.

PE: entorno protector. Una sala diseñada para mantener a pacientes inmunodeprimidos y protegerlos de cualquier posible contaminante en el aire en espacios adyacentes.

Presión de aire positiva: presurización en la que se expulsa aire de un espacio para evitar que entren contaminantes aéreos en una habitación desde espacios adyacentes.

EPP: equipo de protección personal. Ropa o equipo de protección que debe usar una persona como defensa contra la adquisición de una infección o enfermedad.

Prefiltro: filtro de aire colocado en la entrada del equipo de HVAC diseñado para capturar polvo y partículas grandes que podrían dañar los componentes dentro del equipo.

Tipo de espacio: clasificación de una sala según su función. El tipo de espacio y la función de una habitación determinarán qué secciones de los códigos de diseño específicos de HVAC deben seguirse y qué disposiciones deben incluirse en el sistema de HVAC.

UL: Underwriters Laboratories. –Una organización dedicada al avance de la seguridad pública. Proporciona una certificación de productos comercializados.

Notas finales

- ¹ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ² Consulte la nota 1.
- ³ ANSI/ASHRAE. “Estándar 52.2, Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula”, 2017.
- ⁴ ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ⁵ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ⁶ ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ⁷ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ⁸ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de instalaciones de atención médica” febrero de 2021; ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ⁹ AHA/ASHE et ál., “Uso del entorno físico de atención médica para prevenir y controlar infecciones”, 2018.
- ¹⁰ CDC. “Ventilación en edificios”, 9 de febrero de 2021. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>
- ¹¹ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ¹² ASHRAE. “Manual de ASHRAE 2020 – Sistemas y equipos de climatización”, 2020.
- ¹³ ANSI/ASHRAE. “Estándar 52.2, Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula”, 2017.
- ¹⁴ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de instalaciones de atención médica” febrero de 2021; ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ¹⁵ Departamento de Energía de los Estados Unidos. “Manual del DOE, Manual de limpieza de aire nuclear”, noviembre de 2003
- ¹⁶ Imani, R.J., et ál. “La influencia de la velocidad del flujo de aire y del tamaño de las partículas en la eficiencia de recolección de los muestreadores de aerosol electrostáticos pasivos”. Investigación de calidad del aire y aerosol 19, n.º 2 (2019): 195-203. <https://aaqr.org/articles/aaqr-18-06-0a-0211>
- ¹⁷ CDC. “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica”, julio de 2019. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>
- ¹⁸ Consulte la nota 15.
- ¹⁹ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ²⁰ ASHRAE. “Manual de ASHRAE 2020 – Sistemas y equipos de climatización”, 2020.
- ²¹ Consulte la nota 18.
- ²² Consulte la nota 18.
- ²³ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ²⁴ Consulte la nota 21.
- ²⁵ Hermans, R.D. “La búsqueda de la protección mínima, cuán seguros deben ser las instalaciones de atención médica”, 25 de junio. 2019
- ²⁶ Memarzadeh, F. “Factores a tener en cuenta en el diseño de salas de aislamiento, análisis de la distribución de partículas después de la tos”. Presentación, Instituto Nacional de Salud estadounidense.
- ²⁷ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ²⁸ Consulte la nota 25.
- ²⁹ Consulte la nota 25.
- ³⁰ Consulte la nota 25.
- ³¹ CDC. “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica”, julio de 2019. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>
- ³² ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ³³ CDC. “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica”, julio de 2019. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>
- ³⁴ CDC. “Recomendaciones provisionales de prevención y control de infecciones para el personal de la salud durante la pandemia de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19)”, sep. 2021. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>
- ³⁵ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ³⁶ Consulte la nota 33.
- ³⁷ Consulte la nota 33.
- ³⁸ Consulte la nota 33.
- ³⁹ Consulte la nota 33.
- ⁴⁰ Consulte la nota 33.
- ⁴¹ Arundel, A.V., et ál. “Efectos indirectos para la salud de la humedad relativa en entornos interiores”, marzo de 1986. <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/abs/10.1289/ehp.8665351>
- ⁴² CDC. “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica”, julio de 2019. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>
- ⁴³ Consulte la nota 40.
- ⁴⁴ ASHRAE. “Manual de diseño de HVAC para hospitales y clínicas”
- ⁴⁵ Departamento de Salud de Minnesota, Oficina de Preparación ante Emergencias. “Manejo de enfermedades infecciosas transmitidas por el aire, métodos temporales de aislamiento de presión negativa”, 2007. <https://www.health.state.mn.us/communities/ep/surge/infectious/airbornenegative.pdf>
- ⁴⁶ CDC. “Ventilación en edificios”, 9 de febrero de 2021. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>

⁴⁷ FGI. “Guía para el diseño de instalaciones de la salud y de atención residencial que respondan y se adapten a las condiciones de emergencia”, marzo de 2021.

⁴⁸ Consulte la nota 45.

⁴⁹ Consulte la nota 45.

⁵⁰ Subhash, S.S., et ál. “Antes de aislamiento: componentes importantes del control de infecciones transmitidas por el aire”. *American journal of infection control*, vol. 41.5 (2013): 452-455.

⁵¹ Consulte la nota 48.

El programa Project Firstline es una capacitación nacional en colaboración dirigida por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) en asociación con la Asociación Estadounidense de Hospitales y Health Research & Educational Trust (HRET), una subsidiaria sin fines de lucro 501(c)(3) de la AHA.

Project Firstline es una colaboración nacional dirigida por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los EE. UU. para proporcionar capacitación y educación sobre el control de infecciones a los trabajadores de atención médica de primera línea y al personal de salud pública. La AHA se enorgullece de asociarse con Project Firstline, apoyado a través del Acuerdo de Cooperación CDC-RFA-OT18-1802. Los CDC son una agencia dentro del Departamento de Salud y Servicios Humanos (Department of Health and Human Services, HHS). El contenido de este recurso no representa necesariamente las políticas de los CDC ni los HHS, y no debe considerarse un respaldo del Gobierno Federal.