



LIMPIEZA DEL AIRE Y FILTRACIÓN: ABORDANDO LO QUE NO SE VE EN LA “NUEVA NORMALIDAD”

Junio de 2020

A decorative graphic element consisting of a thick blue curve that starts on the left side of the page and sweeps downwards and to the right, ending in a lighter blue gradient on the right side.

El mundo ha cambiado tras la pandemia de la COVID-19. Los líderes empresariales están trabajando para entender una «nueva normalidad» que puede implicar cambios profundos en la forma en la que gestionan y apoyan a sus empleados.

Para los propietarios de edificios, la necesidad de minimizar la transmisión de la enfermedad afectará a todos los aspectos del entorno construido. Aún quedan muchas preguntas por responder. ¿Habrán que reconfigurar los espacios de oficinas para promover el distanciamiento social? ¿Cómo accederán los ocupantes a espacios cerrados como ascensores o zonas comunes como cocinas y cafeterías? ¿Tendrán los edificios que abrir más temprano y cerrar más tarde para adaptarse a las plantillas rotativas?

Una cosa parece segura: los empleados que vuelvan a la oficina se habrán planteado nuevas expectativas relativas a la salud y seguridad de su lugar de trabajo.

Afortunadamente, los propietarios de los edificios y los ingenieros pueden dar una respuesta eficaz a estos desafíos. Al reinventar los edificios como barreras contra la contaminación, los propietarios deben tomar ahora medidas para mejorar el entorno construido de manera que tengan un impacto significativo en la salud y el bienestar de los ocupantes. «Nuestros edificios y las personas que los gestionan y mantienen son nuestra primera línea de defensa para mantenernos seguros y saludables», afirma Rachel Gutter, presidenta del International WELL Building Institute, que recientemente lanzó la clasificación de salud y seguridad de WELL, una clasificación verificada por terceros basada en la evidencia para todos los tipos de edificios e instalaciones centrados en abordar un entorno post-COVID-19.¹

Este informe técnico ofrece recomendaciones, sugerencias y mecanismos de uso de recursos para propietarios de edificios e ingenieros, relacionados con la forma de abordar la vuelta de los ocupantes, prestando especial atención a la optimización de los sistemas de HVAC para reducir la transmisión del SARS-CoV-2, el nuevo coronavirus responsable de la COVID-19. En concreto, ofrece:

- Recursos que proporcionan una orientación integral para la planificación de la vuelta al edificio
- Recursos y recomendaciones para mejorar la salud del edificio
- Sistemas de HVAC y tecnologías de filtrado del aire que pueden instalarse de forma rápida y asequible para renovar los edificios existentes: ¿Cuáles son? ¿Cómo se utilizan? ¿Cuáles son sus fortalezas y debilidades?

Los edificios se han convertido en una primera línea de defensa para reducir la transmisión de una amenaza viral inédita pero letal. Los sistemas de HVAC desempeñan un papel fundamental en esta defensa. La American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) concluye que «la ventilación y la filtración que proporcionan los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado pueden reducir la concentración del SARS-CoV-2 en el aire y, por lo tanto, el riesgo de transmisión a través del aire.»² Para los propietarios de edificios e ingenieros, optimizar estos sistemas en general mediante la adopción de soluciones específicas de filtración de aire puede reducir eficazmente el riesgo de transmisión de patógenos, mejorar la salud y el confort de los ocupantes y mantener la rentabilidad y competitividad de las operaciones del edificio.

Realizar una planificación integral del retorno de los ocupantes

Ahora es el momento de que los propietarios de edificios e ingenieros realicen la planificación integral del retorno de los ocupantes.

La Asociación Internacional de Propietarios y Administradores de Edificios (BOMA) ha publicado una guía operativa en varios pasos, «Getting Back to Work: Preparing Buildings for Re-Entry Amid COVID-19», para preparar los edificios comerciales para la vuelta segura de arrendatarios de oficinas, personal del edificio, visitantes, proveedores y contratistas.³ Este documento incluye las mejores prácticas sugeridas para el uso y la ocupación seguros de los ascensores, las áreas comunes y los espacios compartidos de equipos y suministros, servicios de conserjería, seguridad, señalización, preparación para emergencias y seguro, así como consideraciones legales y recursos de información adicionales. Forme a su equipo, póngase en contacto con las partes interesadas, evalúe el riesgo, manténgase informado y, como recomienda la BOMA, empiece ahora.

Además de la orientación de la BOMA, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) ofrecen estrategias para reducir la transmisión de la COVID-19 en el lugar de trabajo.⁴ El foco de los CDC consiste en mantener operaciones comerciales saludables y un entorno laboral saludable, y en mantenerse flexible y ágil en un escenario cambiante. «Los empleadores deben planificar cómo responder de una manera flexible a los diferentes niveles de transmisión comunitaria de la enfermedad», recomiendan los CDC, «y estar preparados para ajustar sus planes de respuesta comercial según sea necesario.»

Tanto la BOMA como los CDC hacen hincapié en la necesidad de consultar a los responsables de salud estatales y locales, dado que ambos actualizan sus orientaciones de manera regular a medida que se desarrollan mejores prácticas e informaciones nuevas.

Optimizar la salud y el confort en la “nueva normalidad” del entorno construido

Realizar una planificación integral del retorno de los ocupantes			
Consultar el documento "Getting Back to Work: Preparing Buildings for Re-Entry Amid COVID-19" de la BOMA. Consultar la «Interim Guidance for Businesses and Employers to Plan and Respond to Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)» de los CDC. Consultar las Guías de las Asociaciones Profesionales nacionales implicadas. Revisar las directrices de las Administraciones locales y nacionales	Reforzar los controles administrativos		
	Promover la educación de los empleados Imponer el distanciamiento social Minorar la densidad de ocupación de las áreas de trabajo y reducir los puntos calientes (por ejemplo, preparación de alimentos) Añadir puntos para el lavado de manos Imponer la desinfección preventiva	Optimizar los sistemas y las prácticas de HVAC	
		Garantizar el mantenimiento adecuado de los equipos de HVAC Utilizar el HVAC siempre que el edificio esté ocupado, y, potencialmente, bajo un escenario 24/7 Aumentar la ventilación con aire exterior en la medida de lo posible Garantizar que la humedad se mantiene entre el 40%- 60%	Mejorar las tecnologías de filtración
			Mejorar la filtración central hasta el máximo compatible con las características del sistema implantado. Considerar el uso de purificadores portátiles HEPA. Considerar el uso de soluciones germicidas ultravioleta (UVGI) y analizar otras tecnologías.



Reforzar los controles administrativos

El entorno construido es complicado. El riesgo de transmisión de patógenos varía en función de factores como la densidad de ocupación, la responsabilidad individual a la hora de mantener el distanciamiento social y el lavado de manos, el uso de equipos de protección personal adecuados y las prácticas de desinfección. Si bien no existe una solución garantizada para proteger la salud de los empleados, la planificación, las opciones responsables y la vigilancia por parte tanto de los propietarios como de los ocupantes del edificio son esenciales.

El Programa de Edificios Saludables de la Chan School of Public Health ofrece una estrategia por «capas» para minimizar la transmisión de la enfermedad en el lugar de trabajo.⁵ La primera capa de defensa requiere el compromiso de aplicar las políticas de trabajo desde casa. Sin embargo, una vez que se autoriza el retorno del grueso de la plantilla a un edificio, el fortalecimiento de los controles administrativos se convierte en un paso crucial para proteger la salud de los ocupantes.

Los controles administrativos pueden incluir la promoción de la formación/educación de los empleados, la imposición del distanciamiento social, la minoración de la densidad de ocupación de las áreas de trabajo y la reducción de las áreas de preparación de alimentos y otros posibles puntos calientes de transmisión, el incremento de los puntos para el lavado de manos y la aplicación de un riguroso programa de desinfección preventiva.⁶

Para obtener información sobre este enfoque por capas hacia la salud de los edificios, la Harvard T.H. Chan School of Public Health ofrece "The 9 Foundations of a Healthy Building".⁷ Además, la American Society for Microbiology (ASM) ha publicado «2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations to Reduce Transmission» que proporciona información actualizada sobre estrategias de mediación para la transmisión del SARS-CoV-2 basada en las últimas investigaciones sobre el intercambio de patógenos en el entorno construido.⁸

Junto con estos controles administrativos, los propietarios y los ingenieros también deben concentrarse en la implantación de mecanismos de mejora de la salud subyacente del entorno del edificio. En el marco de este esfuerzo es fundamental hacer hincapié en la mejora de la ventilación, la calidad del aire, la humedad y la salud térmica. ASHRAE ha concluido que un requisito previo para cualquier estrategia para el control de la enfermedad infecciosa en un entorno construido «es un sistema de HVAC correctamente diseñado, instalado, puesto en servicio y mantenido.»⁹ La optimización de estos sistemas constituye una prioridad para afrontar la amenaza que supone la COVID-19.

Optimizar los sistemas y las prácticas de HVAC

Hay varias medidas de sentido común¹⁰ que los propietarios de edificios y los ingenieros pueden adoptar para mejorar la eficacia de los sistemas de HVAC con vistas a reducir la transmisión de la enfermedad. Estas medidas incluyen las siguientes:

- Utilizar el sistema de HVAC siempre que el edificio esté ocupado, incluso si sólo está presente el personal de limpieza, el técnico y el de seguridad y soporte, que habitualmente trabajan fuera del horario laboral. En la medida en que sea posible, mantener el sistema en funcionamiento las 24 horas, los 7 días de la semana para garantizar la ventilación óptima del edificio.
- Aumentar la ventilación del aire exterior (extremando la precaución en áreas con contaminación), desactivar la ventilación controlada por demanda y abrir los reguladores del aire exterior mínimo al 100 % si el clima y otros factores de diseño del sistema lo permiten.
Un estudio reciente concluyó que mejorar la ventilación, suministrando incluso niveles de aire exterior mínimos, redujo la transmisión de la gripe tanto como vacunar a la mitad de los ocupantes de un edificio.¹¹
- Garantizar que la humedad se mantiene entre el 40 % y el 60 %, un rango que puede ayudar a limitar la propagación y la supervivencia del SARS-CoV-2, según sugiere la ASM, «al tiempo que se minimiza el riesgo de crecimiento mohos y las barreras mucosas de los ocupantes humanos se mantienen hidratadas e intactas».
- Revisar, actualizar y añadir tecnologías de filtración para mejorar la calidad del aire y reducir la transmisión de partículas y la enfermedad. Estas medidas pueden incluir:
 - Mejorar el filtrado central del aire hasta el máximo compatible con las características del sistema, en particular evaluar la mejora vs la presión disponible en ventiladores y capacidad estructural del bastidor del filtro, sellando a su vez los bordes del filtro para limitar el bypass.
 - Considerar el uso de purificadores portátiles del aire ambiente que integren filtros HEPA.
 - Considerar el uso de soluciones germicidas de irradiación ultravioleta (UVGI) y evaluar el uso de otras tecnologías germicidas que no generen ozono de forma colateral.

La adopción de tecnologías de filtrado de aire reconoce que el uso del aire exterior para la ventilación puede estar limitado por el clima extremo o por el nivel de contaminantes del propio aire exterior. La tecnología de filtración adecuada puede proporcionar a los propietarios de edificios e ingenieros una potente herramienta para mejorar sustancialmente la calidad del aire interior.

(IAQ). Al reducir los contaminantes tanto del aire exterior como del aire recirculado interior, los propietarios de los edificios pueden alcanzar un equilibrio óptimo entre la IAQ, calidad de ambiente interior, el consumo de energía y la seguridad y confort de los ocupantes. La sección a continuación describe algunas de las soluciones de filtración de aire más comunes, asequibles y eficaces.

Mejorar las tecnologías de filtración

Si bien los epidemiólogos todavía están estudiando cómo se disemina el SARS-CoV-2, las investigaciones actuales, combinadas con el conocimiento de brotes de gripe anteriores, indican que el virus se transmite con mayor frecuencia a través de gotas y partículas en forma de aerosol. Estas gotas varían en tamaño de 0,004 a 1,0 micras y pueden compartirse de persona a persona, por contacto con superficies infectadas y mediante transferencia por aire.¹²

Los sistemas de HVAC utilizan filtros mecánicos hechos de materiales porosos con una amplia variedad de densidades para atrapar las partículas suspendidas en el aire. La eficacia de cualquier solución de filtración depende de la eficiencia del filtro (medida por el valor de informe de mínima eficiencia o MERV), del número y la ubicación de los filtros utilizados en serie, de la velocidad del flujo de aire y del tamaño de las partículas que se pretende atrapar. Algunos filtros pueden ser capaces de atrapar una combinación de partículas, gases o contaminantes biológicos transportados por el aire, aunque las soluciones de filtrado de aire más comunes implican el uso de varios tipos de filtros que funcionan en serie. Las calificaciones MERV proporcionan una escala para clasificar los filtros diseñados para atrapar partículas con tamaños que oscilan entre las 10 micras hasta tan solo 0,3 micras.

Una medida estandarizada, PM2.5, se refiere a partículas inferiores a 2.5 micras, que se cree que tienen un impacto adverso significativo en la salud crónica. «Las PM2.5 también constituyen el contaminante más sencillo de eliminar en entornos interiores a través de la filtración», afirma Rick Karg de la ASHRAE.¹³ ASHRAE recomienda MERV 13 (F7) o superior para atrapar estas partículas ultrafinas. Investigaciones adicionales indican que los filtros MERV 16 (F9) son capaces de eliminar alrededor del 95% de las partículas PM2.5.¹⁴

La mayoría de los edificios residenciales y comerciales utilizan filtros de hasta MERV 12 (F6), mientras que las salas limpias, las salas quirúrgicas, los pabellones de aislamiento y otras instalaciones médicas, industriales y comerciales de alto riesgo utilizan filtros de MERV 13 (F7) o superiores. Los filtros de aire de partículas de alta eficiencia (HEPA 12-14 & ULPA 15-16)) tienen valores MERV de 17 a 20. Los filtros HEPA 12 - MERV 17 son capaces de eliminar el 99,97 % de las partículas hasta un tamaño de 0,3 micras.

Tecnología de filtración ¹⁵	Aplicaciones	Metodología	Ventajas y limitaciones para abordar la captura del virus SARS-CoV-2
Filtros de medios (MERV 1-16) (hasta F9)	Edificios residenciales, muchos edificios comerciales y edificios industriales	Atrapa partículas	<ul style="list-style-type: none"> + Fácil instalación + MERV 16 y mayor: eficaz frente a PM2.5 - Altamente INEFICAZ frente a partículas del tamaño del SARS-CoV-2
Filtros MERV 17-20 (HEPA 12 a ULPA 16)	Salas limpias, salas quirúrgicas, pabellones de aislamiento, instalaciones de alto riesgo	Atrapa partículas	<ul style="list-style-type: none"> + Eficaz frente a partículas que transportan el SARS-CoV-2 - Puede aumentar el consumo de energía - Puede requerir modificaciones del sistema de HVAC
UVGI (GUV) y filtros de medios	Edificios comerciales, sanitarios, residenciales	Degrada e inactiva virus, atrapa partículas	<ul style="list-style-type: none"> + Ideal para complementar a los sistemas de filtración HEPA - Puede requerir modificaciones del sistema de HVAC



Una revisión de las eficiencias de la filtración de aire sugiere que incluso los filtros con la calificación más alta son incapaces de atrapar partículas del tamaño del virus de la COVID-19. Sin embargo, la ASM señala que «rara vez los virus se observan como partículas individuales, sino que son expulsados del cuerpo ya combinados con agua, proteínas, sales y otros componentes.»

Hasta la fecha, la ASM informa que «se ha observado SARS-CoV-2 en partículas tipo aerosol en un espectro de tamaños que oscila entre 0,25 y 0,5" micras.¹⁶ En consecuencia, la instalación de filtros con una alta calificación MERV y HEPA puede desempeñar un papel sustancial a la hora de atrapar partículas que se encuentren infectadas por SARS-CoV-2 y reducir el riesgo de transmisión de la enfermedad en todo el entorno construido.

Muchos edificios utilizan filtros económicos diseñados para atrapar menos del 20 % de las partículas del tamaño de virus.¹⁷ En función de la antigüedad y del tipo de instalación de HVAC, los filtros de alta eficiencia pueden representar una solución de renovación rápida y asequible. Los propietarios de edificios deben contar con el asesoramiento experto de los ingenieros a la hora de tomar esta decisión.

Una segunda solución eficaz para mejorar la calidad del aire y reducir la transmisión de la COVID-19 es la irradiación ultravioleta germicida (o UVGI, a veces acortada a UV germicida, o GUV), que actúa degradando e inactivando bacterias, esporas de moho, hongos y virus. La fuente típica de desinfección ultravioleta es una lámpara de vapor de mercurio a baja presión que proporciona energía radiante en la banda espectral conocida como UV-C, que va de 200 a 280 nanómetros. Un estudio ha demostrado que 10 minutos de luz UV-C inactivaron el 99.999 % de los CoVs analizados, incluido el SARS-CoV-2.¹⁸

Los investigadores de la Illuminating Engineering Society han concluido que la GUV «puede utilizarse más eficazmente para desinfectar el aire en el espacio superior [aire por encima de 7 pies – 2,2 metros] donde la altura del techo lo permita.» Las instalaciones médicas también han utilizado GUV en unidades móviles y en unidades de tratamiento del aire de HVAC para reducir el crecimiento de moho en las baterías de enfriamiento.¹⁹ También pueden instalarse emisores de UV germicida en el lado de impulsión de un sistema de HVAC aguas abajo de la batería de enfriamiento y por encima de la bandeja de drenaje para conseguir un control de la biopelícula y un control microbiano eficaces.²⁰

La UVG es una solución eficaz pero especializada que sirve para mejorar sistemas de HVAC totalmente optimizados.

Conclusión

Los expertos creen que los efectos de la COVID-19 serán duraderos. «Exactamente durante cuánto tiempo, está por ver», dice el epidemiólogo Marc Lipsitch, pero «no es una cuestión de superar el pico, como algunas personas parecen creer.»²¹ Los propietarios de edificios y ingenieros de HVAC deben tomar medidas ahora para preparar los edificios para la vuelta de los ocupantes y crear una plataforma para un entorno saludable y sostenible.

La adopción de una estrategia por capas refleja la complejidad del entorno construido y depende de los propietarios y ocupantes del edificio para contribuir a la salud y el bienestar de todos.

En esta estrategia, es importante la revisión y posible actualización del sistema de HVAC de un edificio, incluida la incorporación de soluciones de filtrado de aire. «Ya no hay razón para ahorrar en flujo de aire y filtración», dice John Macomber, de la Harvard Business School. «Es una manera barata de ayudar a las personas a estar más saludables.»²² En la nueva normalidad, un edificio saludable será el mínimo aceptable para que los propietarios de edificios puedan seguir siendo competitivos.

Las tecnologías de filtración mecánica, las lámparas UVGI, otras tecnologías de filtración del aire y soluciones germicidas adicionales que los propietarios de edificios podrían querer investigar, incluidos los limpiadores electrónicos de partículas de aire, los limpiadores absorbentes de aire y los limpiadores de aire mediante oxidación fotocatalítica, se describen en el documento «ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning.»²³ Carrier también ha resumido soluciones y mejores prácticas en su Boletín Carrier Engineering, «Meeting IAQ Needs with Enhanced Filtration».

Los ingenieros son clave para optimizar los sistemas de HVAC, de forma que se reduzca la transmisión de enfermedades, al tiempo que optimizan el consumo de energía y la comodidad de los ocupantes.

Los expertos de Carrier están disponibles para consultas sobre estas importantes decisiones.²⁴

Otros recursos sugeridos

"Getting Back to Work: Preparing Buildings for Re-Entry Amid COVID-19," BOMA International, April 28, 2020, https://www.boma.org/BO-MA/Research-Resources/3-BOMA-Spaces/Newsroom/Press_Room/2020/Getting_Back_to_Work.aspx

"Interim Guidance for Businesses and Employers to Plan and Respond to Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)," Centers for Disease Control and Prevention, March 21, 2020, <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/guidance-business-response.html>

"The 9 Foundations of a Healthy Building," Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2020, <https://dev.forhealth.org/>

Leslie Dietz et al., "2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations To Reduce Transmission," mSystems, Volume 5, Issue 2, March/April 2020, April 23, 2020, <https://msystems.asm.org/content/5/2/e00245-20>

Lawrence J. Schoen, "Guidance for Building Operations During the COVID-19 Pandemic," ASHRAE Journal Newsletter, March 20, 2020, <https://www.ashrae.org/news/ashraejournal/guidance-for-building-operations-during-the-covid-19-pandemic>

"ASHRAE Position Document on Airborne Infectious Diseases," Approved by ASHRAE Board of Directors January 19, 2014, Reaffirmed by Technology Council February 5, 2020, Expires August 5, 2020, ASHRAE, Atlanta, GA, <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/airborne-infectious-diseases.pdf>

"How to Operate and Use Building Services in Order to Prevent the Spread of the Coronavirus Disease (COVID-19) virus (SARS-CoV-2) in Workplaces," REHVA COVID-19 Guidance Document, April 3, 2020, https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_ver2_20200403_1.pdf

"Meeting IAQ Needs With Enhanced Filtration: A Review of ASHRAE Standards Related to Building Air Quality," Carrier Engineering Newsletter, Volume 5, Issue 1, Carrier Corporation 2017, https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/OE/ENG_NEWS_5_1_1.pdf

"ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning," Approved by ASHRAE Board of Directors January 29, 2015, Reaffirmed by Technology Council January 13, 2018, <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/filtration-and-air-cleaning-pd.pdf>

"IES Committee Report: Germicidal Ultraviolet (GUV) – Frequently Asked Questions," IES Photobiology Committee, Illuminating Engineering Society, 2020, Web May 14, 2020, <https://media.ies.org/docs/standards/IES%20CR-2-20-V1a-20200507.pdf>

Referencias

1. "International WELL Building Institute Launches WELL Health-Safety Rating for all Building and Facility Types," International Well Building Institute, June 8, 2020, Web June 23, 2020, <https://resources.wellcertified.com/press-releases/international-well-building-institute-launches-well-health-safety-rating-for-all-building-and-facility-types/>. For "barriers to contamination," see Joseph G. Allen, "Your Building Can Make You Sick or Keep You Well," The New York Times, March 4, 2020, Web May 9, 2020, <https://www.nytimes.com/2020/03/04/opinion/coronavirus-buildings.html>.
2. "Pandemic COVID-19 and Airborne Transmission," ASHRAE Environmental Health Committee, approved 4/17/20, Web April 23, 2020, <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/eiband-airbornetransmission.pdf>.
3. "Getting Back to Work: Preparing Buildings for Re-Entry Amid COVID-19," BOMA International, April 28, 2020, Web May 10, 2020, https://www.boma.org/BOMA/Research-Resources/3-BOMA-Spaces/Newsroom/Press_Room/2020/Getting_Back_to_Work.aspx.
4. "Interim Guidance for Businesses and Employers to Plan and Respond to Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)," Centers for Disease Control and Prevention, March 21, 2020, Web April 23, 2020, <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community-guidance-business-response.html>.
5. Joseph G. Allen and John D. Macomber, "What Makes an Office Building 'Healthy,'" Harvard Business Review, April 29, 2020, Web May 7, 2020, <https://hbr.org/2020/04/what-makes-an-office-building-healthy>.
6. Lawrence J. Schoen, "Guidance for Building Operations During the COVID-19 Pandemic," ASHRAE Journal Newsletter, March 20, 2020, Web May 7, 2020, <https://www.ashrae.org/news/ashraejournal/guidance-for-building-operations-during-the-covid-19-pandemic>.
7. "The 9 Foundations of a Healthy Building," Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2020, Web May 12, 2020, <https://dev.for-health.org/>.
8. Leslie Dietz et al., "2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations To Reduce Transmission," mSystems, Volume 5, Issue 2, March/April 2020, April 23, 2020, Web May 12, 2020, <https://msystems.asm.org/content/5/2/e00245-20>.
9. "ASHRAE Position Document on Airborne Infectious Diseases," Approved by ASHRAE Board of Directors January 19, 2014, Reaffirmed by Technology Council February 5, 2020, Expires August 5, 2020, ASHRAE, Atlanta, GA, Web May 8, 2020, <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/airborne-infectious-diseases.pdf>.
10. This list represents a consolidation of steps recommended by four expert sources, and should be adapted for individual building requirements: Schoen, "Guidance for Building Operations During the COVID-19 Pandemic." Also "ASHRAE Position Document on Airborne Infectious Diseases." Also "How to Operate and Use Building Services in Order to Prevent the Spread of the Coronavirus Disease (COVID-19) virus (SARS-CoV-2) in Workplaces," REHVA COVID-19 Guidance Document, April 3, 2020, Web May 8, 2020, https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_ver2_20200403_1.pdf. Also Dietz, "2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic."
11. Joseph G. Allen, "Your Building Can Make You Sick or Keep You Well," The New York Times, March 4, 2020, Web May 9, 2020, <https://www.nytimes.com/2020/03/04/opinion/coronavirus-buildings.html>.
12. Dietz, "2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic."

13. "New Residential IAQ Guideline Contains Changes Regarding Use of High Efficiency Filters," ASHRAE 2019, September 2, 2015, Web May 18, 2020. <https://www.ashrae.org/about/news/2015/new-residential-iaq-guideline-contains-changes-regarding-use-of-high-efficiency-filters>.
14. Dan Zhao et al., "Evaluating the Long-Term Health and Economic Impacts of Central Residential Air Filtration for Reducing Premature Mortality Associated with Indoor Fine Particulate Matter (PM2.5) of Outdoor Origin," International Journal of Environmental Research and Public Health, July 2015, Web May 18, 2020, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4515730/>.
15. This table is adapted from Table 3 – Filtration Methods found in "Meeting IAQ Needs With Enhanced Filtration: A Review of ASHRAE Standards Related to Building Air Quality," Carrier Engineering Newsletter, Volume 5, Issue 1, Carrier Corporation 2017, Web May 8, 2020, https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/OE/ENG_NEWS_5_1_1.pdf.
16. Leslie Dietz, "Correction for Dietz et al.," correction made after original publication, 2020, Web May 14, 2020, <https://msystems.asm.org/content/5/3/e00375-20>.
17. Allen, "Your Building Can Make You Sick or Keep You Well."
18. Dietz, "Correction."
19. "IES Committee Report: Germicidal Ultraviolet (GUV) – Frequently Asked Questions," IES Photobiology Committee, Illuminating Engineering Society, 2020, Web May 14, 2020, <https://media.ies.org/docs/standards/IES%20CR-2-20-V1a-20200507.pdf>.
20. "Coronavirus and UVC," Steril-Aire, Web May 14, 2020, <https://www.steril-aire.com/wp-content/uploads/2020/03/Coronavirus-and-UVC.pdf>.
21. Siobhan Roberts, "This Is the Future of the Pandemic," The New York Times, May 8, 2020, Web May 14, 2020, <https://www.nytimes.com/2020/05/08/health/coronavirus-pandemic-curve-scenarios.html>.
22. Kristen Senz, "Why COVID-19 Raises the Stakes for Healthy Buildings," Harvard Business School Working Knowledge, April 20, 2020, Web April 23, 2020, <https://hbswk.hbs.edu/item/why-covid-19-raises-the-stakes-for-building-health>.
23. "ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning," Approved by ASHRAE Board of Directors January 29, 2015, Reaffirmed by Technology Council January 13, 2018, Web May 12, 2020, <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/filtration-and-air-cleaning-pd.pdf>.
24. "Meeting IAQ Needs With Enhanced Filtration: A Review of ASHRAE Standards Related to Building Air Quality," Carrier Engineering Newsletter, Volume 5, Issue 1, Carrier Corporation 2017, Web May 8, 2020, https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/OE/ENG_NEWS_5_1_1.pdf.