

Using Ventilation to Minimize Workplace Exposure to COVID-19

Utilizando la Ventilación para Minimizar la Exposición al COVID-19



David M. Newman, M.A., M.S.
EOHS Associates LLC
Environmental & Occupational Health & Safety
Industrial Hygiene
Email: eohs@optonline.net
Mobile: 917-592-1198



December 1, 2020

¿Qué hay de malo en esta imagen?

What's wrong with this picture?

- La cortina no protege contra la transmisión aerotransportada.
Curtain does not protect against airborne transmission.
- La máscara no cubre la nariz.
Mask does not cover nose.
- La apariencia de seguridad no es seguridad real.
Appearance of safety is not actual safety.



"El paciente de la cama de al lado es muy contagioso. Gracias a Dios por estas cortinas."

Technical note on difference between COVID-19 and SARS-CoV-2

Nota técnica sobre la diferencia entre COVID-19 y SARS-CoV-2



Juliatimchenko/Dreamstime

- A virus often has different name than the disease it causes.
 - Example: HIV is the virus that causes AIDS.
- El virus a menudo tiene un nombre diferente al de la enfermedad que causa. Ejemplo: el VIH es el virus que causa el SIDA.
- SARS-CoV-2 = Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2
- SARS-CoV-2 = Síndrome Respiratorio Agudo Severo del Coronavirus 2
- COVID-19 = Coronavirus Disease 2019
- COVID-19 = Enfermedad del Coronavirus 2019
- In this workshop, we will use these terms interchangeably.
- En este taller, usaremos estos términos indistintamente.

Essential Principles: SARS-CoV-2 Ventilation

Principios Esenciales: Ventilación para el SARS-CoV-2

Outside air (OA) is clean. Indoor air is potentially hazardous.

El aire exterior (OA – por sus siglas en inglés) está limpio. El aire interior es potencialmente peligroso.

Maximize provision of outside air (%OA).

Maximice la provisión de aire exterior (%OA).

Maximize air exchange (air changes per hour, ACH).

Maximizar el intercambio de aire (cambios de aire por hora, ACH – por sus siglas en inglés)

Eliminate or minimize recirculation of indoor air, within space or among spaces.

Elimina o minimiza la recirculación del aire interior, dentro del espacio o entre espacios.

Maximize filtration of recirculated or potentially contaminated air.

Maximice la filtración de aire recirculado o potencialmente contaminado.

Identify directional air flow. Prevent or minimize downstream exposure to potentially contaminated air.

Identifique el flujo direccional del aire. Prevenga o minimice la exposición que venga desde el aire potencialmente contaminado.

Definiciones / Definitions:

Daño / Harm

- lesión física o daño a la salud
- physical injury or health harm



Peligro / Hazard

- fuente de daño potencial
- source of potential harm

Control de peligros / Hazard Control

- medida para proteger a los trabajadores de un peligro en el lugar de trabajo
- measure to protect workers from a work hazard

Riesgo / Risk

- probabilidad de que ocurra un daño
- likelihood or probability that harm will occur

Factor de riesgo / Risk Factor

- circunstancia o condición que causa un daño
- circumstance or condition that causes risk

- ¿Qué es un “nivel de riesgo aceptable” con respecto al SARS-CoV-2? *What is an “acceptable level of risk” re SARS-CoV-2?*
- ¿Quién define “aceptable”? *Who defines “acceptable”?*

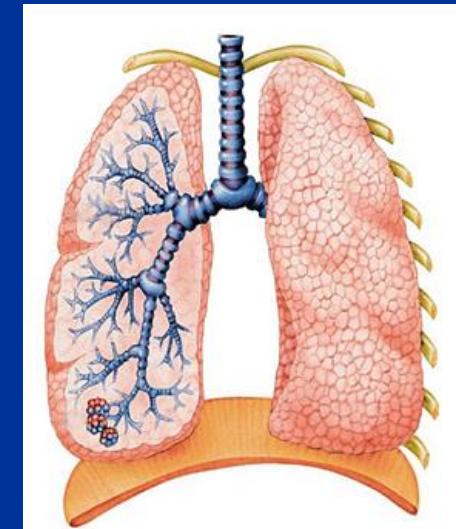
SARS-CoV-2 Modes of Transmission

Modos de transmisión del SARS-CoV-2

Mode of transmission: the means by which the infectious microorganism moves or is carried from the source to the new host.

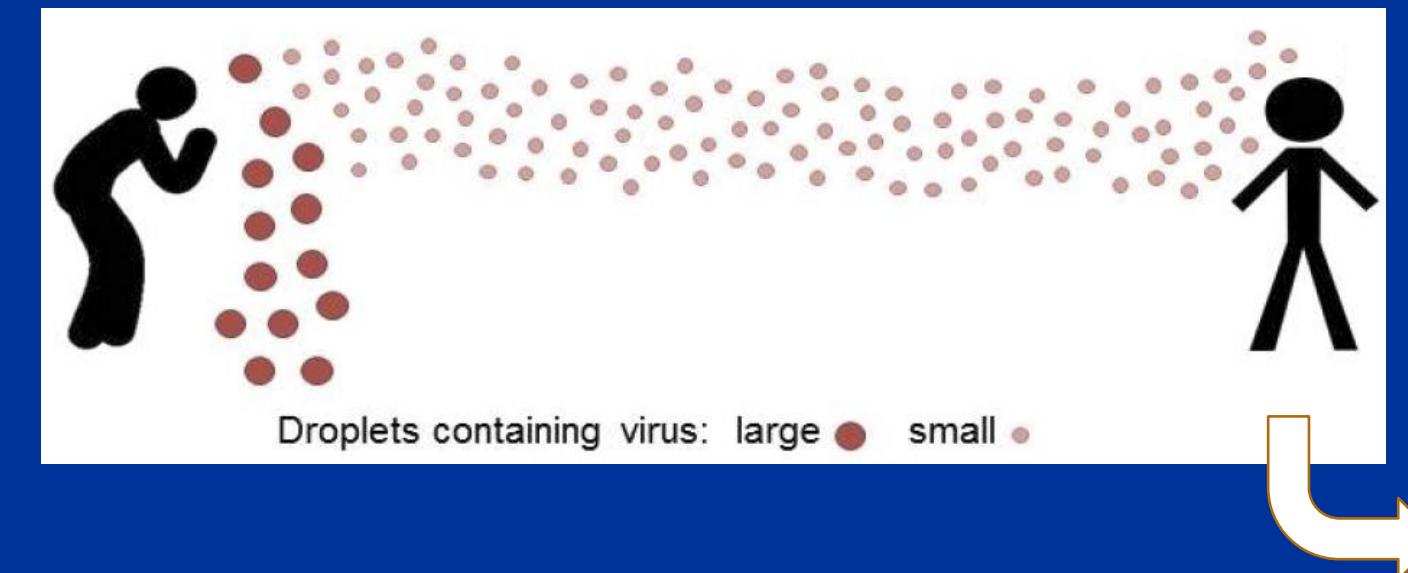
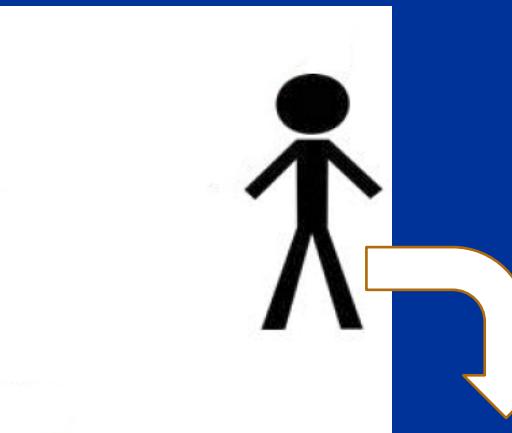
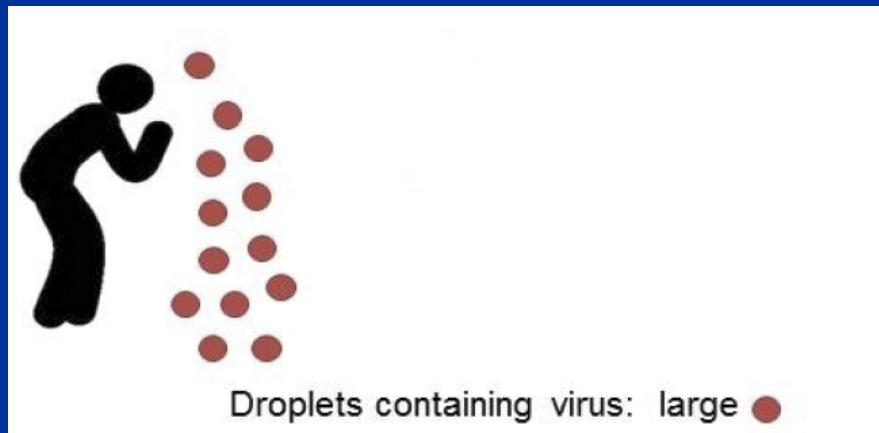
Modo de transmisión: el medio por el cual el microorganismo infeccioso se mueve o es transportado desde la fuente al nuevo huésped.

- **Droplet (ballistic propulsion): size range +/- 5→30μ (microns)**
Gotita (propulsión balística): rango de tamaño +/- 5→30μ (micrones)
- **Airborne/Aerosol: size range +/- 0.1→5μ (microns)**
Aerotransportado / Aerosol: rango de tamaño +/- 0.1→5μ (micrones)
- **Direct contact (i.e., shaking hands)**
Contacto directo (por ejemplo, dar la mano)
- **Indirect contact via inanimate object (fomite)**
Contacto indirecto a través de objeto inanimado (fómite)
- **Fecal-Oral/Respiratory (unlikely but possible)**
Fecal-Oral/Respiratorio (poco probable pero posible)

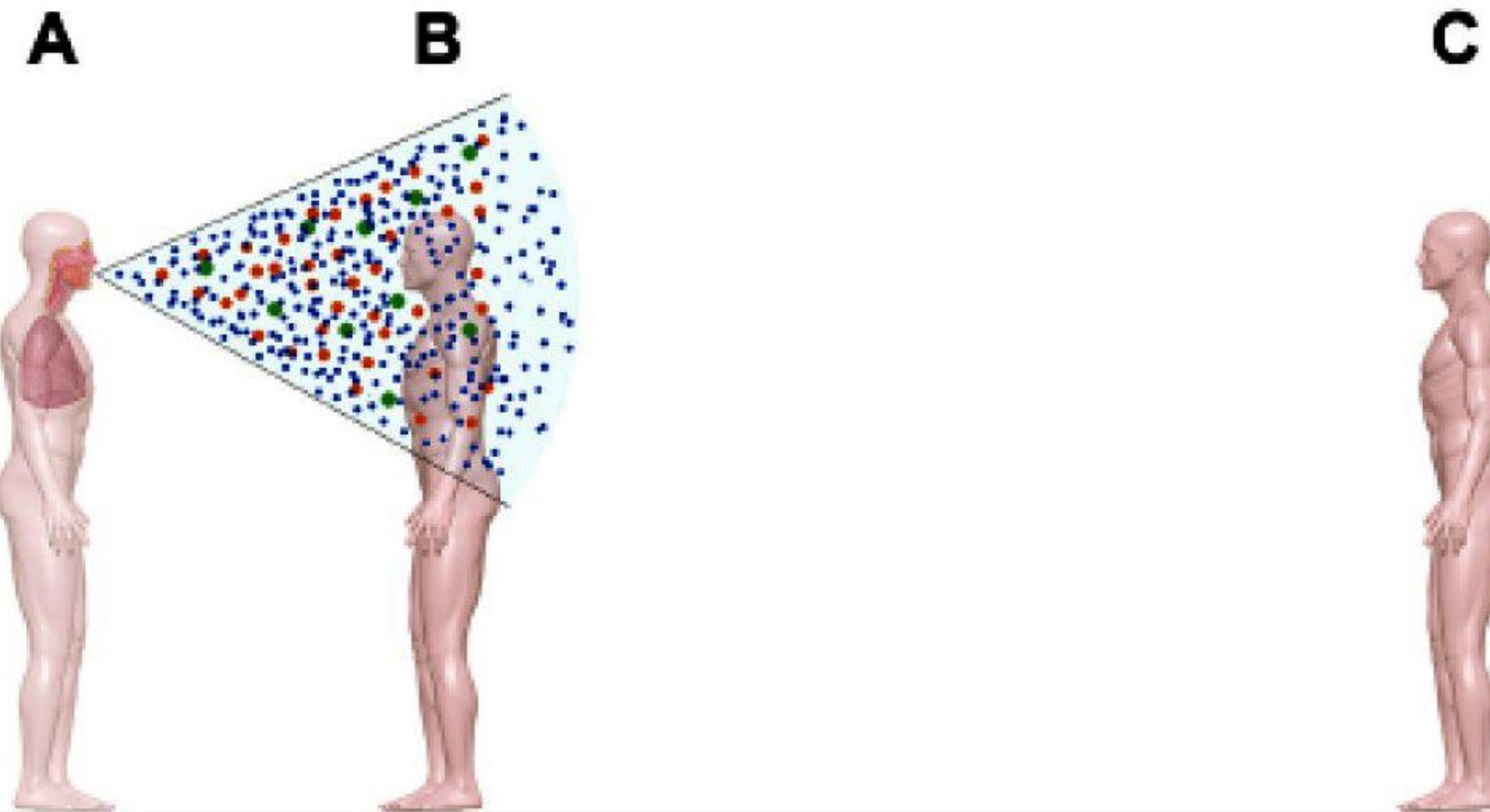


Evolution of Understanding of Airborne Transmission

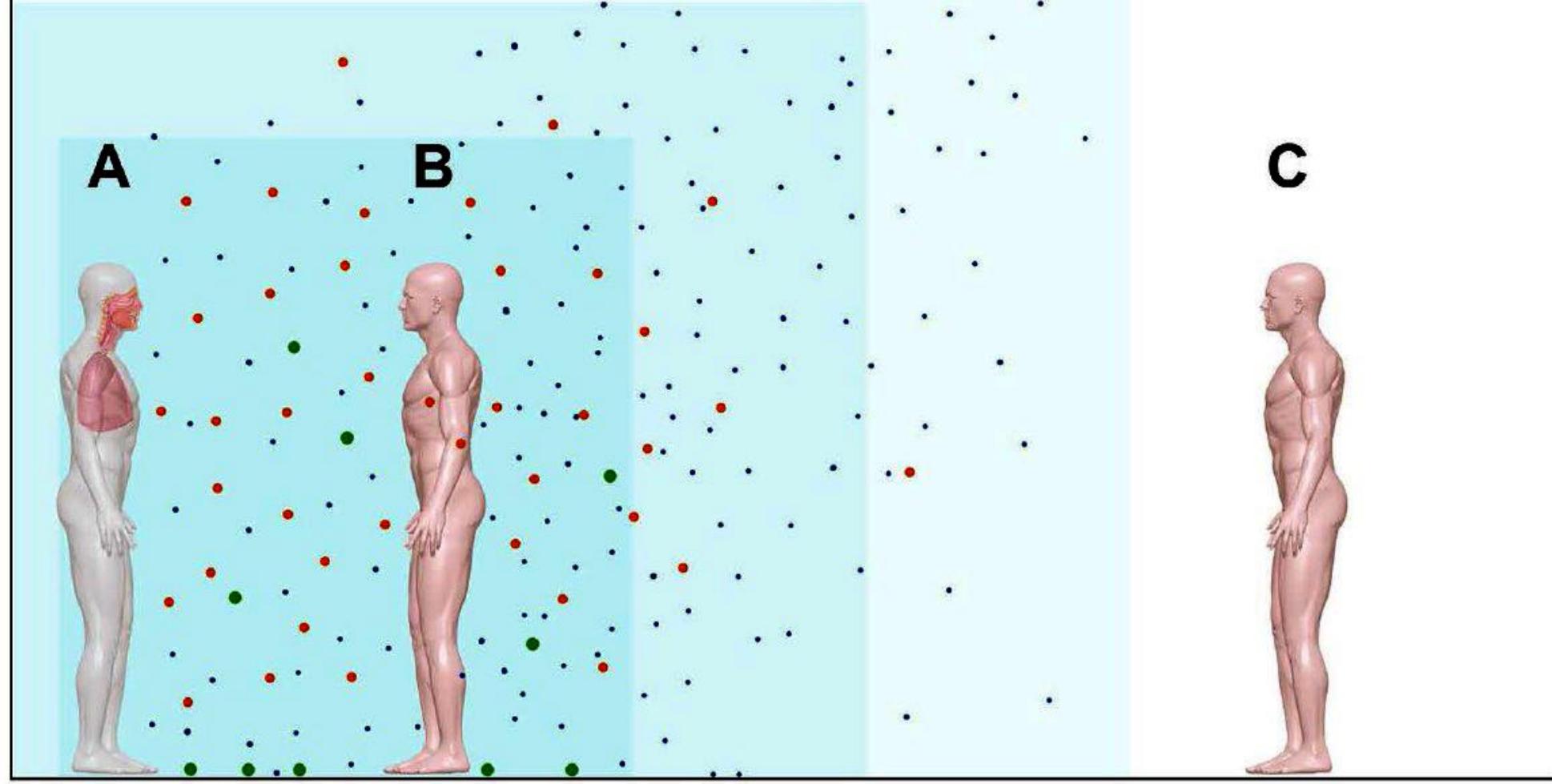
Evolución de la comprensión de la transmisión aerotransportada



At time = 0, an aerosol is generated by person A.
Person B receives droplet spray and inhales particles.
Person C has no exposure.

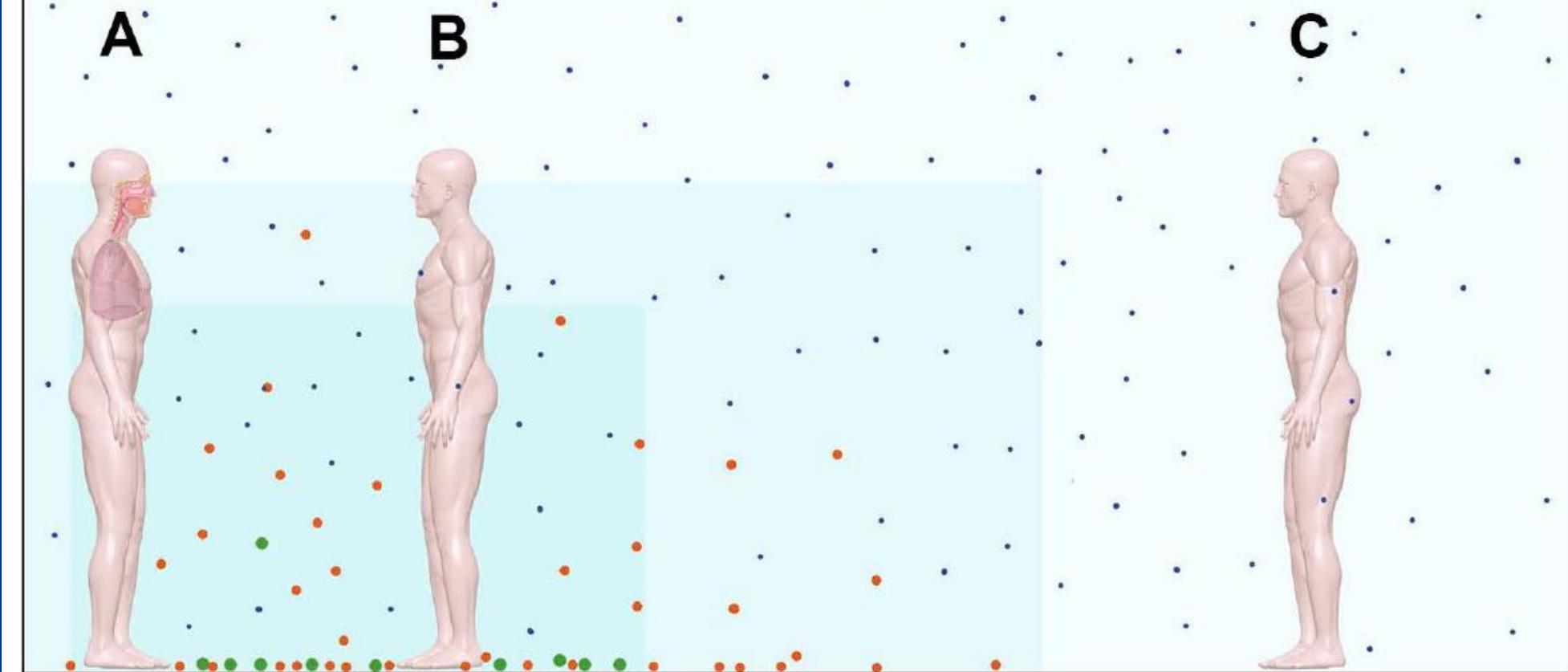


At time = 1, the aerosol is dispersing, and many larger particles are settling. Person B inhales particles. Person C has no exposure.



Credit: Carlyn Iverson, CIDRAP

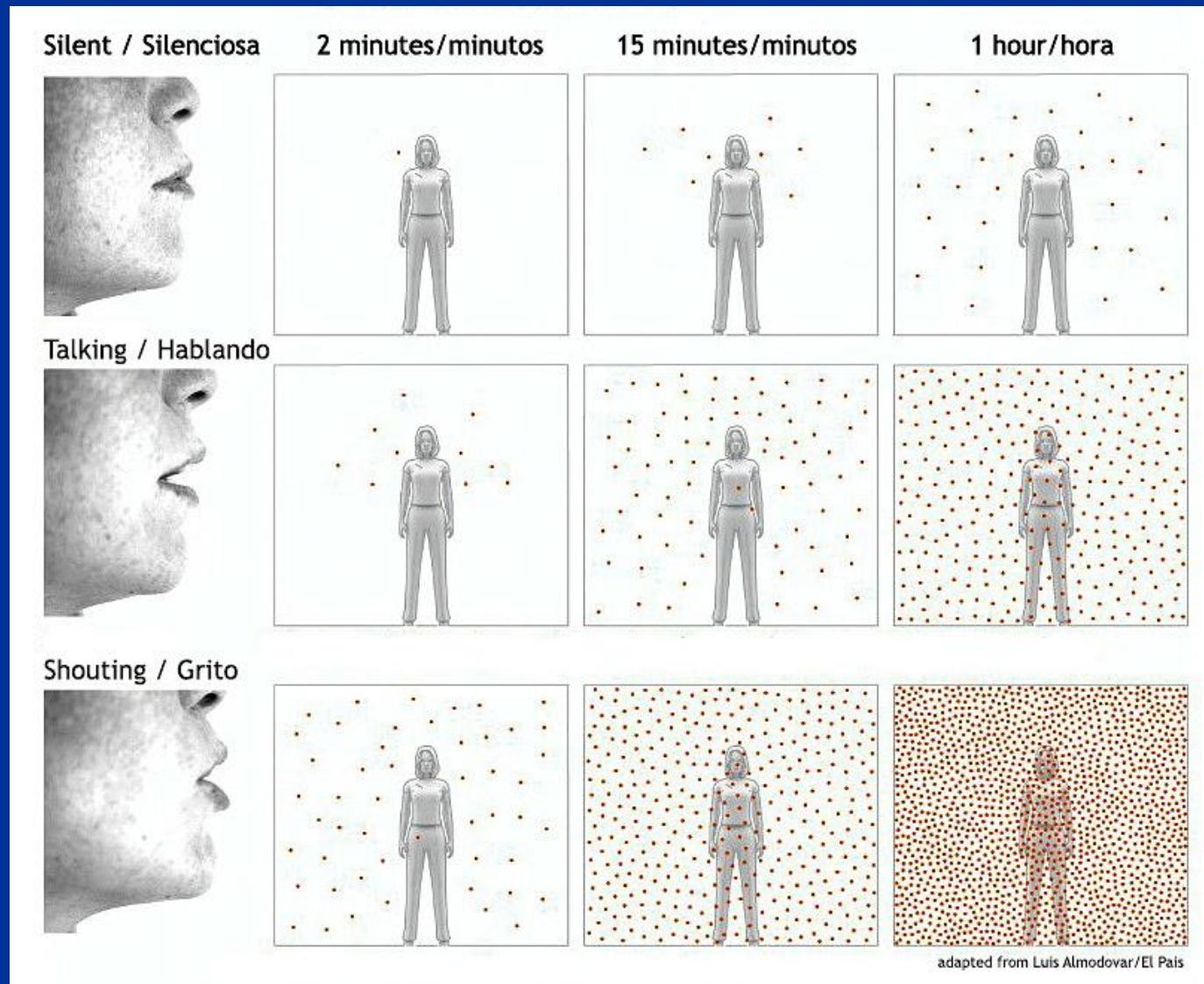
- At time = 2, the aerosol is dispersed, and many larger particles have deposited on the floor. Persons B and C inhale particles.



Credit: Carlyn Iverson, CIDRAP

Each dot symbolically represents an infectious dose of respiratory particles.

Cada punto representa simbólicamente una dosis infecciosa de partículas respiratorias.





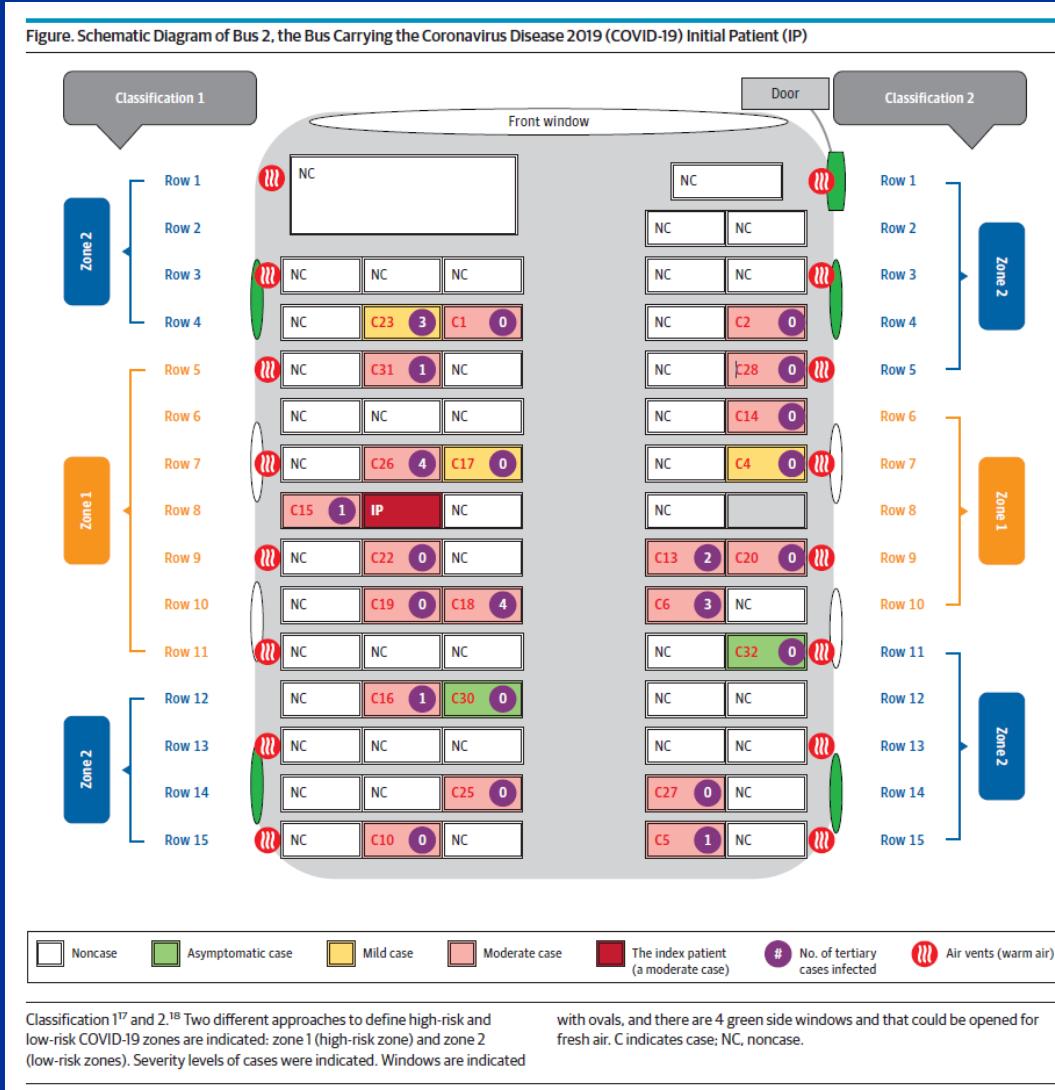
Obstáculos a la transmisión aerotransportada

Obstacles to Airborne Transmission

- Presencia de partículas infecciosas dentro de la gota en la fuente.
Presence of infectious particle inside the droplet at the source.
- Supervivencia de la partícula infecciosa dentro de la gota después de ser expulsada de la fuente.
Survival of infectious particle inside droplet after being expelled from source.
- Capacidad de las partículas para infectar después de la exposición a desafíos físicos (evaporación, luz, temperatura, humedad relativa, etc.)
Particle ability to infect after exposure to physical challenges (evaporation, light, temperature, relative humidity, etc.).
- Obtención de una dosis infecciosa suficiente para poder causar infección en un huésped susceptible.
Attainment of sufficient infective dose to be able to cause infection in a susceptible host.
- Exposición suficiente por parte del huésped susceptible. Sufficient exposure by susceptible host.

Airborne Transmission on Bus with Recirculated Air

Transmisión Aerotransportada en un Autobús con Aire Recirculado



Key Points

Question Is airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) a potential mean of spreading coronavirus disease 2019 (COVID-19)?

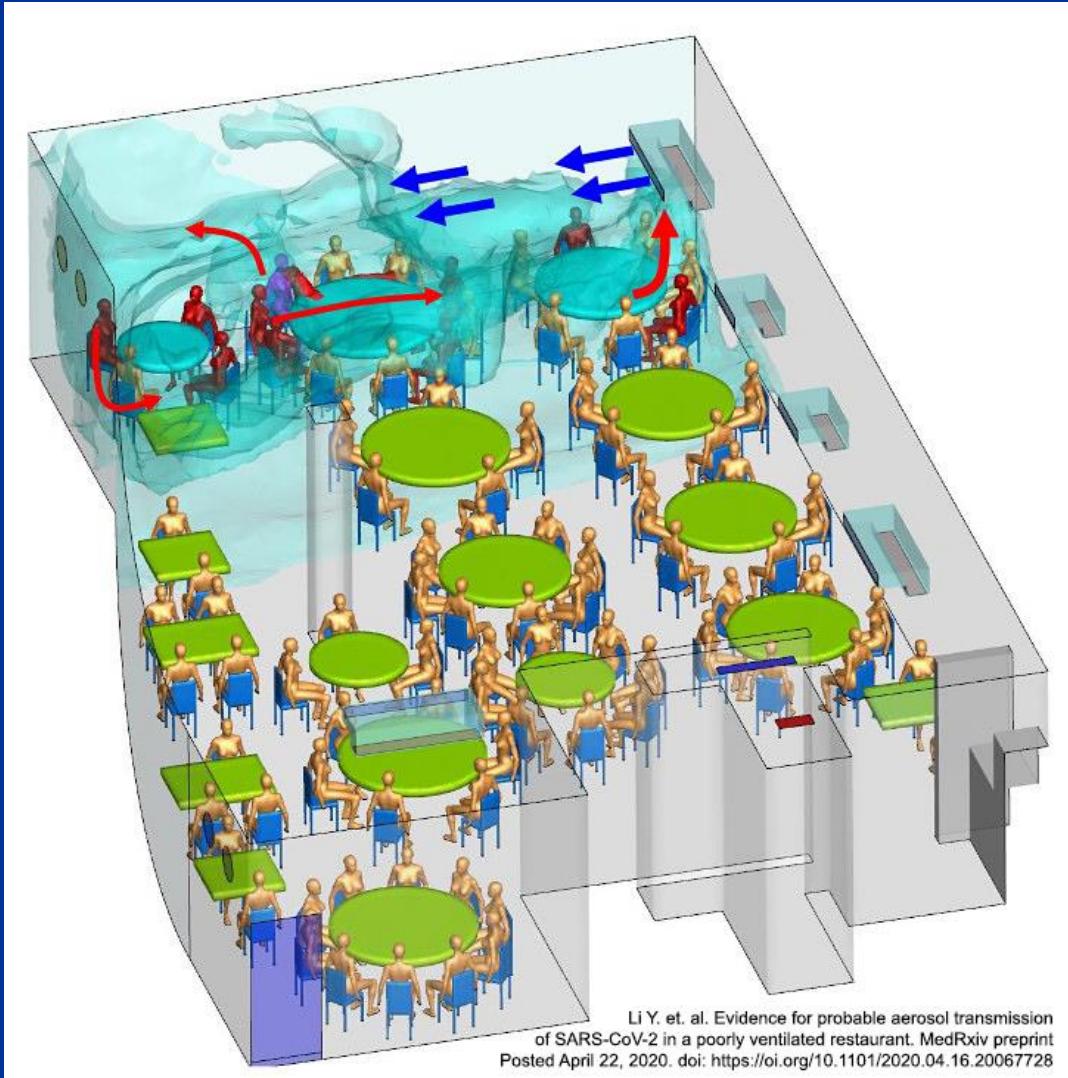
Findings In this cohort study of 128 individuals who rode 1 of 2 buses and attended a worship event in Eastern China, those who rode a bus with air recirculation and with a patient with COVID-19 had an increased risk of SARS-CoV-2 infection compared with those who rode a different bus. Airborne transmission may partially explain the increased risk of SARS-CoV-2 infection among these bus riders.

Meaning These results suggest that future efforts at prevention and control must consider the potential for airborne spread of SARS-CoV-2, which is a highly transmissible pathogen in closed environments with air recirculation.

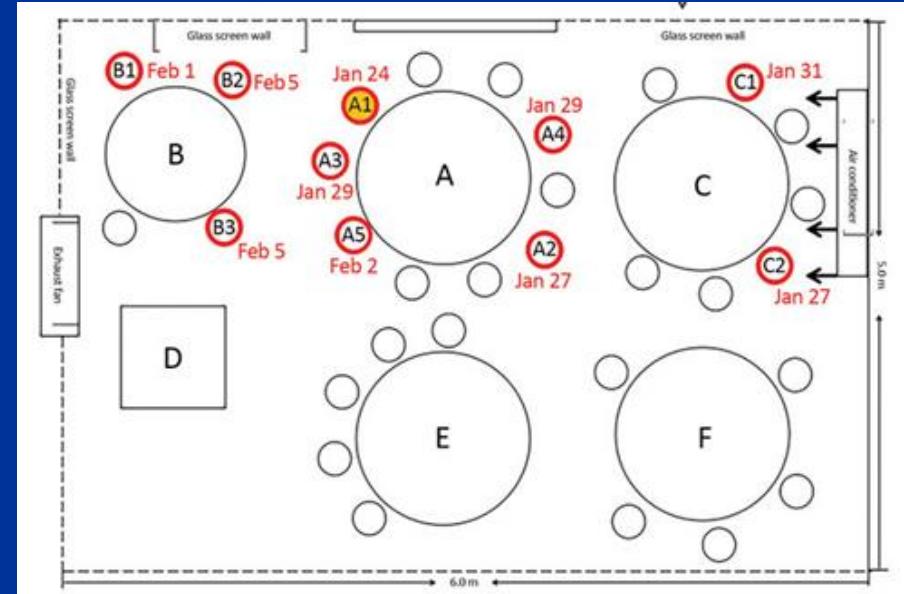
Shen Y. et. al. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. *JAMA Intern Med.* doi:10.1001/jamainternmed.2020.5225. Published online September 1, 2020.

Airborne Transmission via Air Current in Restaurant

Transmisión Aerotransportada a Través de la Corriente de Aire en un Restaurante



Li Y. et. al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. MedRxiv preprint Posted April 22, 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>



Yellow-filled red circle indicates index case-patient.
El círculo rojo relleno de amarillo indica índice caso-paciente.

Red circles indicate seating of future case-patients.
Los círculos rojos indican el asiento de futuros pacientes.

Jianyun Lu, Jieni Gu, Kuibiao Li, Conghui Xu, Wenzhe Su, Zhisheng Lai, Deqian Zhou, Chao Yu, Bin Xu, and Zhicong Yang. Covid-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020. Emerging Infectious Diseases, 26(7), 2020.

CDC Gradually Acknowledging Aerosol Transmission

Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC - por sus siglas en inglés) reconocen *gradualmente* la transmisión de aerosoles

Circumstances under which airborne transmission of SARS-CoV-2 appears to have occurred include:

- Enclosed spaces
- Prolonged exposure to respiratory particles
- Inadequate ventilation or air handling.

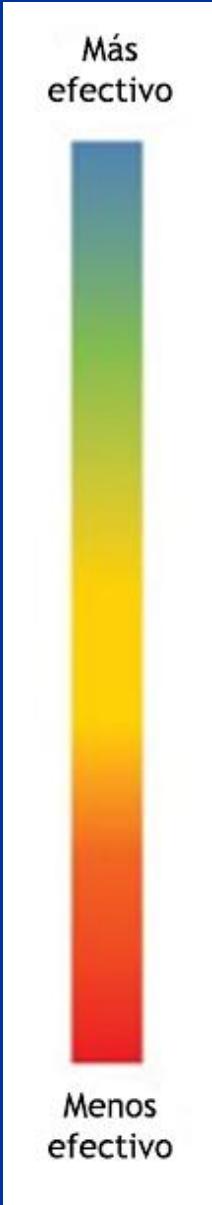
Las circunstancias bajo las cuales parece haber ocurrido la transmisión aerotransportada del SARS-CoV-2 incluyen:

- Espacios cerrados
- Exposición prolongada a partículas respiratorias
- Ventilación o manejo de aire inadecuados.



COVID-19 Hierarchy of Controls of Hazards

COVID-19 Jerarquía de Controles de Peligros



Work remotely.
Exclude symptomatic workers or workers who test positive.

Use new technologies to facilitate working remotely.

Ventilation, filtration.

Hand hygiene.
Physical distancing.
Cleaning & disinfection.

Respirators.
Non-medical masks.
(NMM are not PPE.)

Elimination Eliminación

Substitution Sustitución

Engineering Controls

Administrative Controls

PPE

Trabajar de forma remota.
Excluya a los trabajadores sintomáticos o los trabajadores resultado positivo.

Utilizar nuevas tecnologías para facilitar el trabajo a distancia.

Controles de ingeniería:
Ventilación, filtración.

Controles administrativos:
Higiene de manos. Distanciamiento físico.
Limpieza y desinfección

Equipo de protección personal:
respiradores. Las mascarillas no médicas (control desde la fuente) no son EPP.

Use all the tools in your toolbox

Utilice todas las herramientas en su caja de herramientas

- Ventilation
 - mechanical, natural, filtration
 - Physical distancing
 - Source control
 - surgical masks, procedure masks, cloth face coverings
 - Personal protective equipment (PPE)
 - respirators, protective clothing, eye protection
 - Cleaning & disinfection
 - Hand hygiene
 - Symptom screening, Isolation/quarantine
 - Exposure control plan, Exposure incident assessment
 - Contact tracing
 - Training
 - Paid sick leave, medical insurance
 - Other?
- Ventilación: mecánica, natural, filtrado
 - Distanciamiento físico
 - Control desde la fuente: mascarillas quirúrgicas, mascarillas para procedimientos, mascarillas de tela
 - Equipo de Protección Personal (EPP): respiradores, ropa protectora, protección ocular
 - Limpieza y desinfección
 - Higiene de manos
 - Detección de síntomas, aislamiento/cuarentena
 - Plan de control de exposición, Evaluación de incidentes de exposición
 - Seguimiento de contactos
 - Formación
 - Licencia por enfermedad pagada, seguro medico
 - ¿Otro?



Essential Principles: SARS-CoV-2 Ventilation

Principios Esenciales: Ventilación para el SARS-CoV-2

Outside air (OA) is clean. Indoor air is potentially hazardous.

El aire exterior (OA – por sus siglas en inglés) está limpio. El aire interior es potencialmente peligroso.

Maximize provision of outside air (%OA).

Maximice la provisión de aire exterior (%OA).

Maximize air exchange (air changes per hour, ACH).

Maximizar el intercambio de aire (cambios de aire por hora, ACH – por sus siglas en inglés)

Eliminate or minimize recirculation of indoor air, within space or among spaces.

Elimina o minimiza la recirculación del aire interior, dentro del espacio o entre espacios.

Maximize filtration of recirculated or potentially contaminated air.

Maximice la filtración de aire recirculado o potencialmente contaminado.

Identify directional air flow. Prevent or minimize downstream exposure to potentially contaminated air.

Identifique el flujo direccional del aire. Prevenga o minimice la exposición que venga desde el aire potencialmente contaminado.

Basic Elements of Building Ventilation

Elementos Básicos de la Ventilación de Edificios

- Ventilation rate

Tasa de ventilación

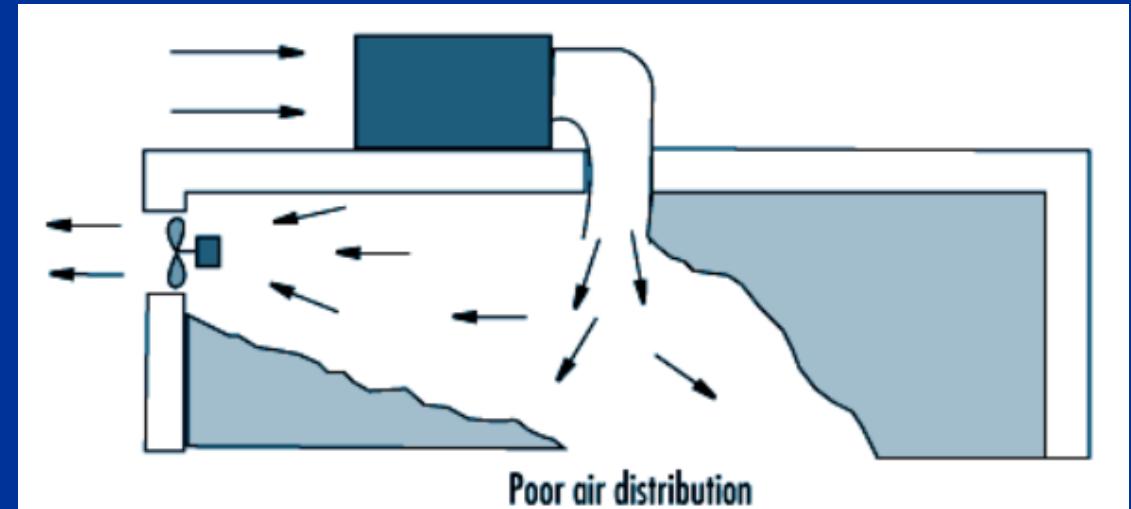
- Airflow direction

Dirección del flujo de aire

- Air distribution or airflow pattern

Distribución de aire o patrón de flujo de aire

Encyclopaedia of Occupational Health & Safety: Control of Indoor Environments



Ventilación para el control de infecciones

Ventilation for Infection Control

- Ventilación natural
Natural Ventilation
- Ventilación por dilución
(calefacción, ventilación, y sistema de aire acondicionado - *HVAC por sus siglas en inglés*)
Dilution Ventilation (*HVAC system*)
- Ventilación por Extracción Local (LEV - por sus siglas en inglés)
(captura desde la fuente)
Local Exhaust Ventilation (LEV) (*source capture*)

Examples of LEV in Industry

Ejemplos de Ventilación por Extracción Local (LEV) en Industria

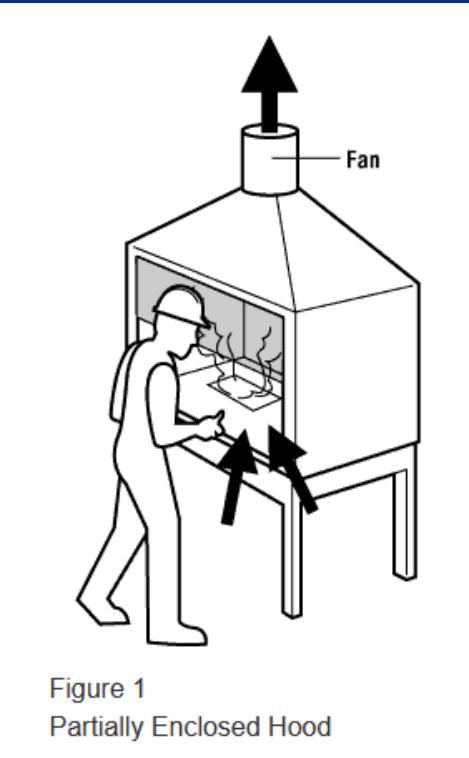


Figure 1
Partially Enclosed Hood

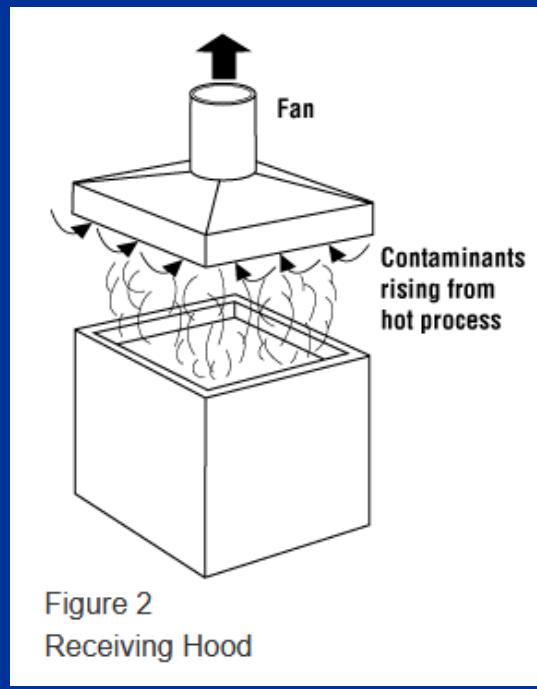


Figure 2
Receiving Hood

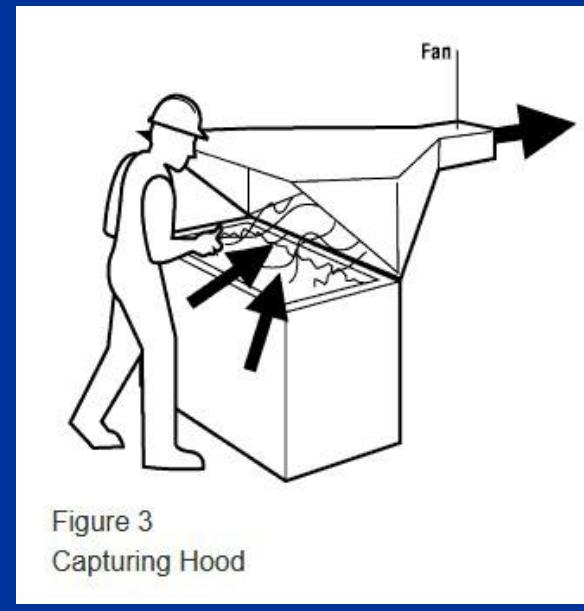


Figure 3
Capturing Hood

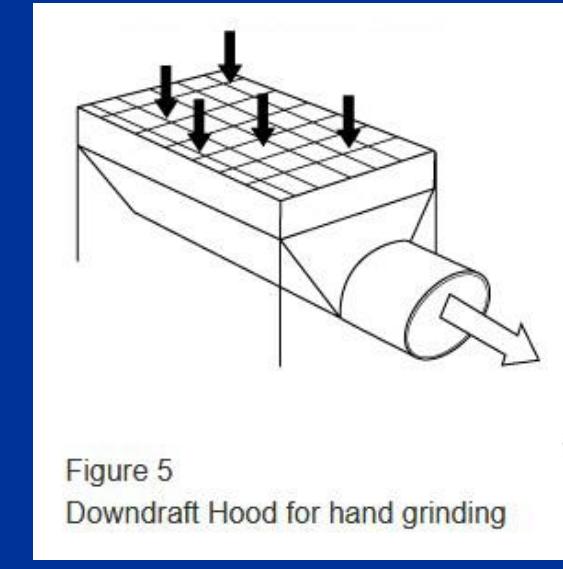
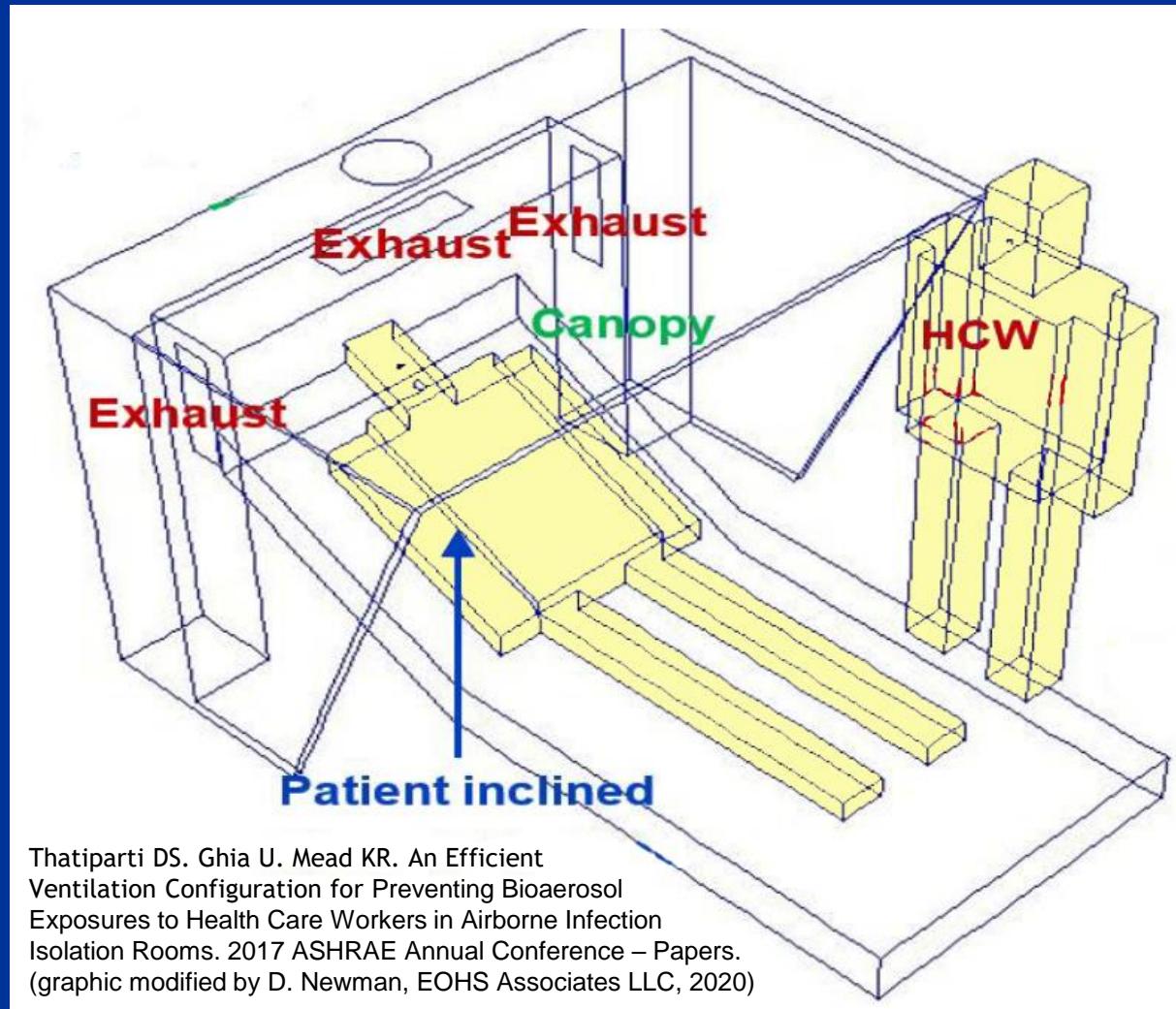


Figure 5
Downdraft Hood for hand grinding

Source: Canadian Centre for Occupational Health and Safety

Conceptual Example of LEV in Healthcare

Ejemplo conceptual de LEV en cuidados de la salud



Natural Ventilation for Infection Control

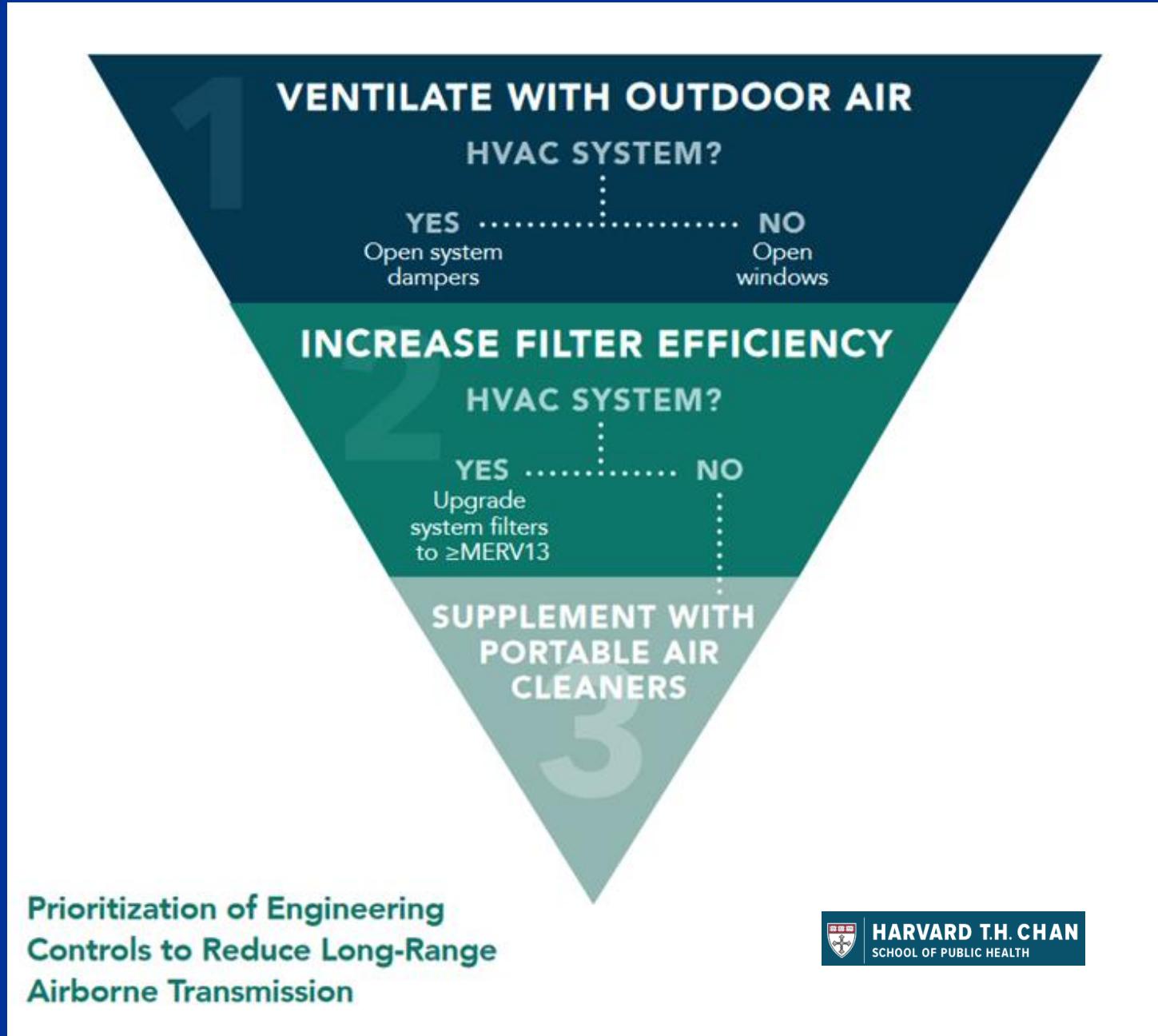
Ventilación Natural para el Control de Infecciones

- Can provide high rates of air exchange, depending on site-specific circumstances.
Capaz de proporcionar altas tasas de intercambio de aire, según las circunstancias específicas del sitio.
- Air exchange rates may exceed those provided by mechanical ventilation, particularly for spaces with very high ceilings and very large openable windows.
Las tasas de intercambio de aire pueden exceder las proporcionadas por la ventilación mecánica, particularmente para espacios con techos muy altos y ventanas muy grandes que se puedan abrir.
- Ability to open windows may be compromised by rain or snow, temperature, wind, noise, or safety considerations.
La capacidad de abrir ventanas puede verse comprometida por la lluvia o la nieve, la temperatura, el viento, el ruido o consideraciones de seguridad.



Sources:

- Escombe AR et al. Natural ventilation for the prevention of airborne contagion. PloS Medicine, 2007, 4:309-317.
- Burton DJ. Six Ways to Approximate Airflow: Simple Techniques for Assessing Airflow in Occupied Spaces. *The Synergist*. American Industrial Hygiene Association. June/July 2018.



VENTILAR CON AIRE EXTERIOR

Si, abra las compuertas del sistema.

No, abra las ventanas.

Aumente la eficiencia del filtro.

Sistema HVAC, actualice a filtros MERV 13 o mejores.

Complemente con limpiadores de aire portátiles



Jones E, et. al. Healthy Schools: Risk Reduction Strategies for Reopening Schools. Harvard T.H. Chan School of Public Health Healthy Buildings program. June, 2020.

<https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2020/06/Harvard-Healthy-Buildings-Program-Schools-For-Health-Reopening-Covid19-June2020.pdf>

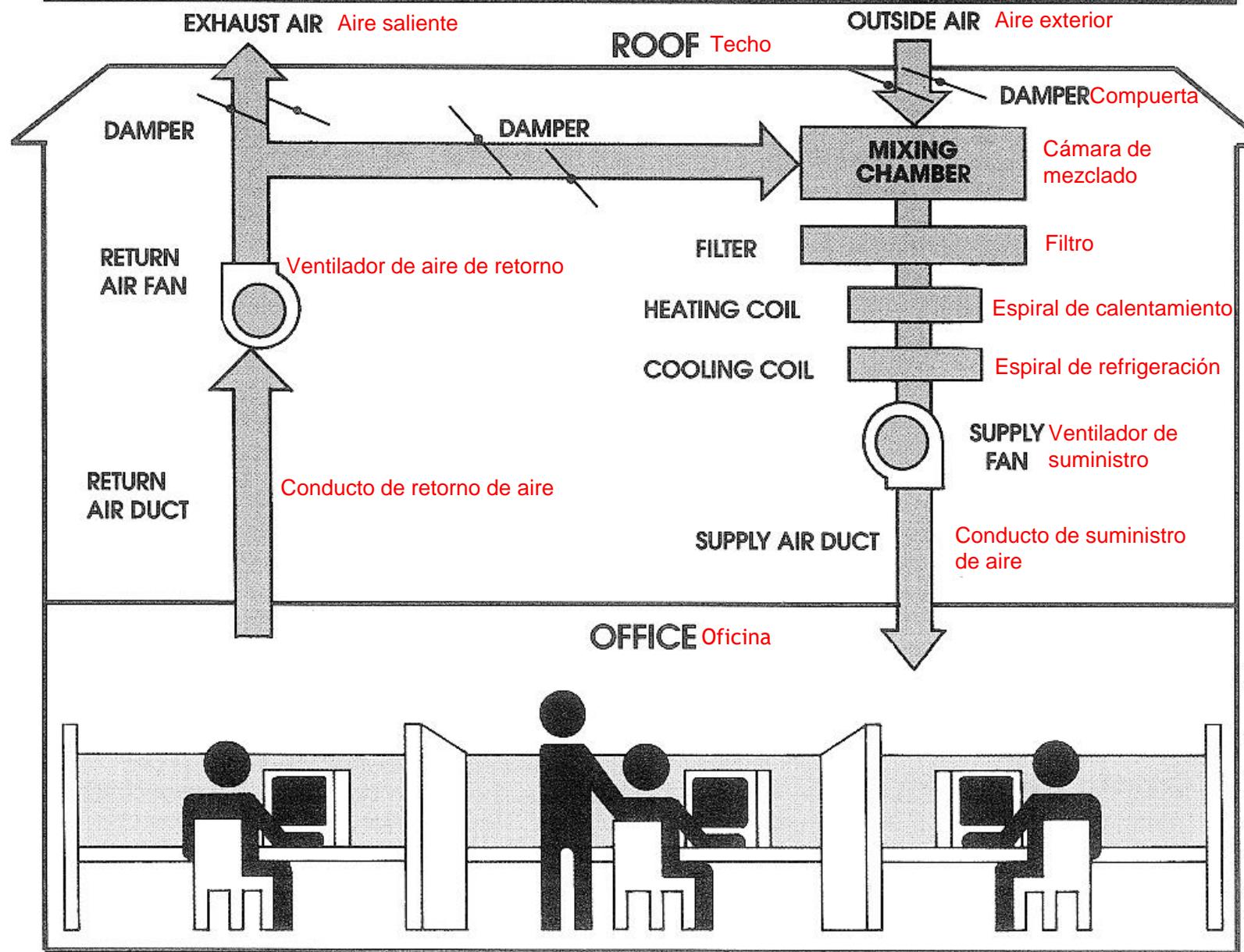
Options for Ventilation in Workplaces During COVID

Opciones de Ventilación en Lugares de Trabajo Durante COVID



- ✓ Central HVAC System/Sistema central de HVAC
- ✓ Dedicated HVAC System/Sistema central de HVAC dedicado
- ✓ Windows, doors/Ventanas, puertas
- ✓ Filtration (recirculation, portable HEPA) /Filtrado (recirculación, unidades HEPA portátiles)
 - ? Local exhaust ventilation/Ventilación de extracción local
 - ? Unit ventilator/Ventilador de la unidad
 - ? Window fan/Ventilador de ventana
 - ? Window-mounted AC/Aire acondicionado montado en la ventana
- X Ductless (split) unit/Unidad de AC y calefacción sin ductos (split)
- X Ceiling fan/Ventilador de techo
- X Pedestal fan/Ventilador de pedestal / de pie
- X Table-top/personal fan/Ventilador de mesa / personal

FIGURE 1 CONSTANT VOLUME HVAC SYSTEM



Essential Principles: SARS-CoV-2 Ventilation

Principios Esenciales: Ventilación para el SARS-CoV-2

Outside air (OA) is clean. Indoor air is potentially hazardous.

El aire exterior (OA – por sus siglas en inglés) está limpio. El aire interior es potencialmente peligroso.

Maximize provision of outside air (%OA).

Maximice la provisión de aire exterior (%OA).

Maximize air exchange (air changes per hour, ACH).

Maximizar el intercambio de aire (cambios de aire por hora, ACH – por sus siglas en inglés)

Eliminate or minimize recirculation of indoor air, within space or among spaces.

Elimina o minimiza la recirculación del aire interior, dentro del espacio o entre espacios.

Maximize filtration of recirculated or potentially contaminated air.

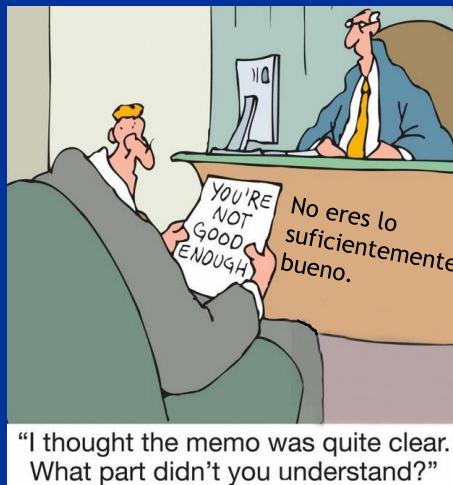
Maximice la filtración de aire recirculado o potencialmente contaminado.

Identify directional air flow. Prevent or minimize downstream exposure to potentially contaminated air.

Identifique el flujo direccional del aire. Prevenga o minimice la exposición que venga desde el aire potencialmente contaminado.

ASHRAE 62.1 “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality” not adequate for SARS-CoV-2 exposure control

ASHRAE 62.1 La ventilación para una Calidad de Aire Interior Aceptable
no es adecuada para el control de la exposición al SARS-CoV-2



"I thought the memo was quite clear.
What part didn't you understand?"

"Pensé que el memo era bastante
claro. ¿Qué parte no entendiste?"

- Applies only to pre-COVID conditions.
Se aplica sólo a condiciones pre-COVID.
- Per 6.3.2: “For each contaminant of concern, a concentration limit and its corresponding exposure period and an appropriate reference to a cognizant authority shall be specified.”
Según 6.3.2: “Para cada contaminante de interés, se debe especificar un límite de concentración y su período de exposición correspondiente y una referencia apropiada a una autoridad competente.”
- ASHRAE acknowledges additional measures are warranted to address virus transmission.
La Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción,
Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE - por sus siglas en inglés)
reconoce que se requieren medidas adicionales para abordar la
transmisión del virus.

ASHRAE 62.1-2019: La ventilación para una Calidad de Aire Interior Aceptable

ASHRAE 62.1-2019: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

CLASES DE AIRE

Clase 1: baja concentración de contaminantes, baja intensidad de irritación sensorial, olor inofensivo.

Clase 2: concentración moderada de contaminantes, intensidad leve de irritación sensorial, olores levemente ofensivos.

Clase 3: concentración significativa de contaminantes, intensidad significativa de irritación sensorial, olor desagradable.

Clase 4: humos o gases altamente objetables o partículas, bioaerosoles o gases potencialmente peligrosos, en altas concentraciones.

AIR CLASSES

Class 1: low contaminant concentration, low sensory-irritation intensity, inoffensive odor.

Class 2: moderate contaminant concentration, mild sensory-irritation intensity, mildly offensive odors.

Class 3: significant contaminant concentration, significant sensory-irritation intensity, offensive odor.

Class 4: highly objectionable fumes or gases or potentially dangerous particles, bioaerosols, or gases, at high concentrations.

ASHRAE 62.1-2019

Air Class	Description	Table
1	Classroom Aula	6-1
	Office Oficina	6-1
	Conference room	6-1
2	School wood/metal shop	6-1, 6-2
	Hotel central laundry room	6-1
	Freezer/refrigerated space Congelador/espacio refrigerado	6-1
	Shipping/receiving	6-1
	Warehouse Almacén	6-1
	Commercial kitchen Cocina comercial	6-2
	Sorting, packing, light assembly	6-1
	Retail sales	6-1
	Beauty/nail salon Manicura	6-1, 6-2
	Auto repair Reparación de autos	6-2
	Manufacturing (no hazardous materials)	6-1
3	Manufacturing (hazardous materials) Fabricación ¹	6-1
	Janitor closet, trash room, recycling	6-2
	Refrigerating machinery rooms	6-2, 6-3
	Soiled laundry storage rooms Trastero de ropa sucia ²	6-2
	Commercial kitchen hood (other than grease)	6-2
4	Paint spray booth Cabina de pintura en aerosol ³	6-3
	Chemical storage room Sala de almacenamiento de productos químicos ⁴	6-3
	Commercial kitchen grease hood	6-3
	Laboratory hood Campana de ventilación de laboratorio ⁵	6-3



Epidemic Task Force

Grupo de Trabajo Sobre Epidemias

(<https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/ashrae-reopening-schools.pdf>)

- This guidance has been formulated to... slow transmission of viruses via HVAC systems. The underlying effort... should be to increase outside air to the spaces, treat return air and/or supply air to spaces via mechanical filtration, and maintain indoor comfort...
- Transmission of SARS-CoV-2 through the air is sufficiently likely that airborne exposure to the virus should be controlled. Changes to building operations, including the operation of heating, ventilating, and air-conditioning [HVAC] systems, can reduce airborne exposures.
- Esta guía ha sido formulada para ... ralentizar la transmisión de virus a través de sistemas HVAC. El esfuerzo subyacente ... debería ser aumentar el aire exterior a los espacios, tratar el aire de retorno y / o suministrar aire a los espacios a través de filtración mecánica y mantener la comodidad interior...
- La transmisión por aerosoles del SARS-CoV-2 es lo suficientemente probable como para controlar la exposición aerotransportada al virus. Los cambios en las operaciones del edificio, incluida la operación de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado [HVAC], pueden reducir la exposición a aerosoles en el aire.



Epidemic Task Force

Grupo de Trabajo Sobre Epidemias

<https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/ashrae-commercial-c19-guidance.pdf>

- Provide maximum outside air above code requirements, where possible.
 - Provide maximum filter efficiency that the unit can handle, preferably MERV-13 or above filter.
 - Consider opening windows, especially when system cannot accommodate MERV-13 filter or 100% OA.
 - If room has insufficient OA and filtration is below MERV-13, consider portable air cleaner w/ HEPA filter.
 - Operate HVAC system with maximum OA flow for 2 hours before and after occupied times, or, achieve 3 air changes of outside air in the space.
 - Beware of horizontal air flow. Avoid prolonged air flow from the face of a person onto others.
-
- Proporcione el máximo de aire exterior por encima de los requisitos del código, donde sea posible.
 - Proporcione la máxima eficiencia de filtro que la unidad puede manejar, preferiblemente MERV-13 o un filtro superior.
 - Considere la posibilidad de abrir las ventanas, especialmente cuando el sistema no puede acomodar el filtro MERV-13 o el 100% de OA.
 - Si la habitación no tiene suficiente OA y la filtración está por debajo de MERV-13, considere un filtro de aire portátil con filtro HEPA.
 - Opere el sistema HVAC con el flujo máximo de OA durante 2 horas antes y después de los tiempos de ocupación, o logre 3 cambios de aire con aire exterior en el espacio.
 - Tenga cuidado con el flujo de aire horizontal. Evite el flujo de aire prolongado de la cara de una persona a otra.

Authoritative, Protective COVID Guidance Guía de COVID Protección Confiable



See previous slides. Ver diapositivas anteriores.

<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/office-buildings.html>

Additional guidance elsewhere on CDC website.
Guía adicional disponible en otra parte del sitio web de los CDC.



White Paper on Ventilation for Industrial Settings during the COVID-19 Pandemic.

Guía sobre Ventilación para Entornos Industriales durante la Pandemia de COVID-19.

<https://www.acgih.org/tlv-bei-guidelines/vent-comm-position-paper>

Reducing the Risk of COVID-19 Using Engineering Controls.

Reducción del Riesgo de COVID-19 Mediante Controles de Ingeniería.

<https://aiha-assets.sfo2.digitaloceanspaces.com/AIHA/resources/Guidance-Documents/Reducing-the-Risk-of-COVID-19-using-Engineering-Controls-Guidance-Document.pdf>

COVID-19 Guidance on Ventilation in the Workplace.

Orientación sobre ventilación en el lugar de trabajo ante COVID-19.

<https://www.osha.gov/Publications/OSHA4103.pdf>



ACH + OA + Filtration = Clean(er) Air

Cambios de aire por hora (ACH) + aire exterior (OA) + Filtración = Aire más limpio

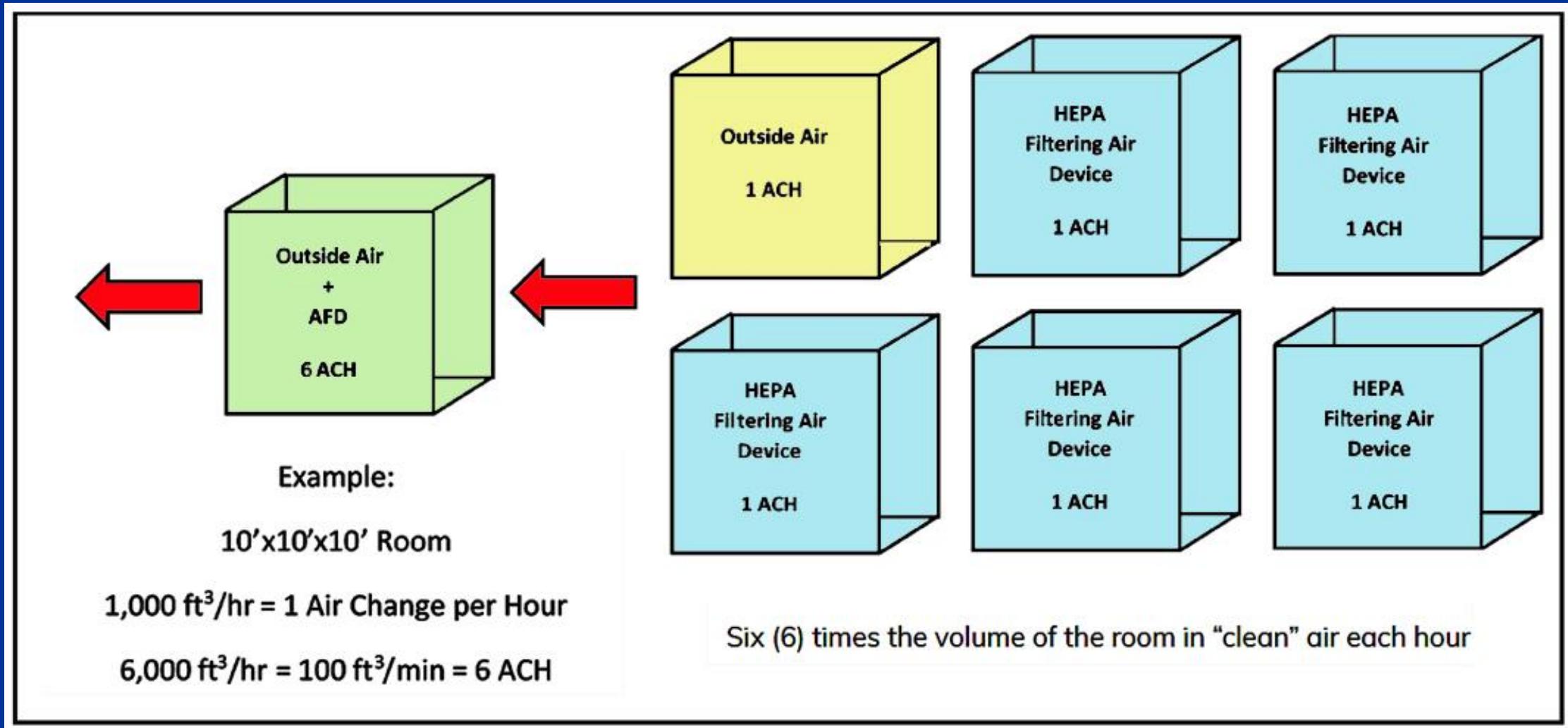


Table 2 shows the required time in minutes for removal efficiencies of 90 percent, 99 percent, and 99.9 percent for the given ACHs. However, the times reported in the table assume a mixing factor (K) of 1.0 (perfect mixing throughout the room that maximizes the dilution effect). In reality, we know that most ventilation systems are unable to provide such perfect mixing, and we must multiply the required time identified in the table by the actual mixing factor. (Mixing factors for dilution ventilation can vary from one, for ideal mixing, to over ten for poor mixing. As a rule of thumb, a mixing factor of three can be assumed for a room with 12 ACH and good air movement [ACGIH 2004, Francis] Curry National Tuberculosis Center 2004].)

Table 2. Air changes per hour (ACH) and elapsed time required to achieve a desired removal efficiency*

Minutos Necessarios para la Eficiencia Deseada en la Eliminación

ACH	Minutes Required for the Desired Removal Efficiency		
	90%	99%	99.9%
2	69	138	207
6	23	46	69
12	12	23	35
16	9	17	26
24	6	12	17
48	3	6	9

Using the values from Table 2, we can see that for a patient room with 12 ACH, which we assume is designed with good air movement ($K = 3$), it will take 36 (3×12) minutes to remove 90 percent of the infectious aerosol and over an hour to remove 99 percent, assuming that the patient generates no additional airborne infectious aerosols during this decay period.

Air changes per hour (ACH):

rate of removal of airborne infectious particles necessary to achieve “steady state”

Cambios de aire por hora (ACH): tasa de eliminación de partículas infecciosas aerotransportadas necesarias para lograr el "estado estable"

CAVEATS:

- Infectious source no longer present.
- ACH is OA or filtered equivalent.
- **Multiply required time in table by actual mixing factor, from 1 for ideal mixing to >10 for poor mixing.**

CONSIDERACIONES:

- Fuente infecciosa ya no presente.
- ACH es OA o equivalente filtrado.
- Multiplique el tiempo requerido identificado en tabla por el factor de mezcla real, variando de 1 para una mezcla ideal a >10 para una mezcla deficiente.

Mead KR. et. al. Expedient Methods for Airborne Isolation within Healthcare Settings during Response to a Natural or Manmade Epidemic. *CDC/NIOSH*. April 2002.

<https://www.cdc.gov/niosh/surveypdfs/301-05f.pdf>

Eficiencias de eliminación supuestas de varios filtros MERV para partículas en 3 rangos de tamaño

Table 2. Assumed removal efficiencies of various MERV filters for particles in three size ranges

HVAC filter MERV rating	Assumed removal efficiency (%) 0.3–1.0 µm	Assumed removal efficiency (%) 1.0–3.0 µm	Assumed removal efficiency (%) 3.0–10.0 µm
1	0	0	10
2	0	0	10
3	0	0	10
4	0	0	10
5	2	8	20
6	2	8	35
7	15	28	50
8	15	28	70
9	15	40	85
10	15	50	85
11	19	65	85
12	19	80	90
13	65	90	90
14	75	90	90
15	85	90	90
16	95	95	95

California Department of Health, Indoor Air Quality Section, Environmental Health Laboratory Branch. The Role of Building Ventilation and Filtration in Reducing Risk of Airborne Viral Transmission in Schools, Illustrated with SARS-CoV-2. September 1, 2020.
https://www.cdph.ca.gov/Programs/CCDPHP/_DEODC/EHLB/IAQ/CDPH%20Document%20Library/IAQ%20paper%20on%20school%20ventilation%20filtration%20viral%20transmission.pdf

MERV: Minimum Efficiency Reporting Value
MERV: Valor de Eficiencia Mínima Reportado

Equivalencia MERV para filtros HEPA

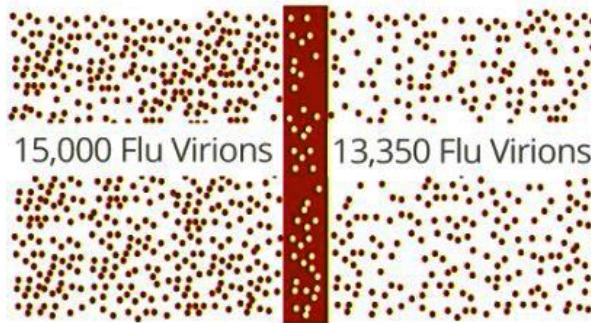
MERV Equivalence for HEPA Filters

MERV Equivalent	HEPA Type	HEPA Removal Efficiency
17	A	99.97% at 0.3 micron
18	C	99.99% at 0.3 micron
19	D	99.999% at 0.3 micron
20	F	99.999% at 0.1 micron

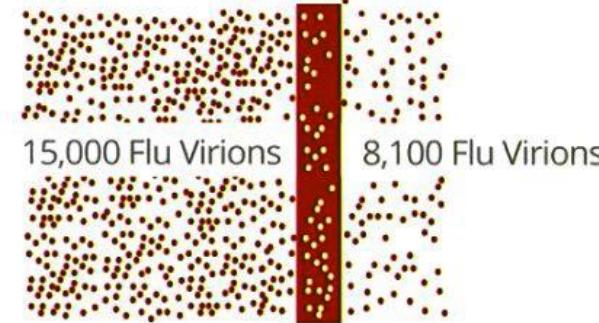
Source: Danforth. <https://cleanroomsandlabs.com/wp-content/uploads/2011/05/4.1.2-HEPA-Filter-Categories-Chart-IEST-RP-CC001-4.pdf>

Effect of MERV Filters on Flu Virus

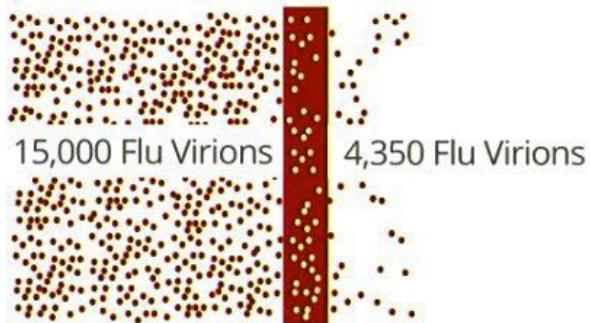
MERV 8 = 11% Captured



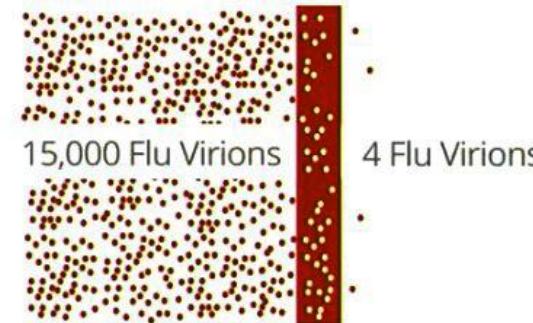
MERV 13 = 46% Captured



MERV 15 = 71% Captured



HEPA = 99.97% Captured



Efecto de los Filtros MERV Sobre el Virus de la Influenza

Virion: infectious virus particle

Virión: partícula de virus infecciosa

Limpiadores de aire HEPA portátiles

Portable HEPA Room Air Cleaners

¡HEPA solamente!

- NO precipitación electrostática
- NO ionización

CADR = Tasa de suministro de aire limpio

(CADR - por sus siglas en inglés)

- CADR más alto = mejor rendimiento
- CADR determinado por la eficiencia de filtración y la tasa de flujo de aire en pies cúbicos por minuto (CFM)
- Para COVID, consulte CADR para *humo de tabaco*.
- El CADR debe ser de *al menos* 2/3 del área de la habitación, asumiendo un techo de 8 pies.

Precauciones: ruido, flujo de aire direccional.

HEPA only!

- NO electrostatic precipitation
- NO ionization

CADR (Clean Air Delivery Rate)

- Higher CADR = better performance.
- CADR determined by filtration efficiency & air flow rate in cubic feet per minute (CFM)
- For COVID, refer to CADR for *tobacco smoke*
- CADR should be *at least* 2/3 of room area, assuming 8 foot ceiling.

Cautions: noise, directional air flow.

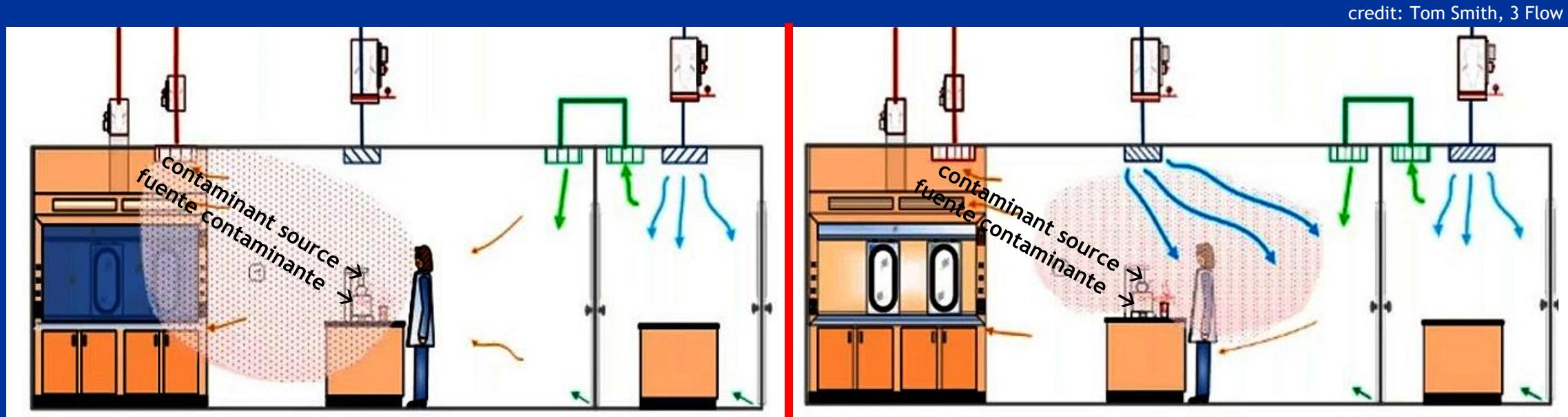
Portable Air Cleaner Sizing for Particle Removal						
Room area (square feet)	100	200	300	400	500	600
Minimum CADR (cfm)	65	130	195	260	325	390

Note this chart is for estimation purposes. The CADRs are calculated based on an 8-foot ceiling. If you have higher ceilings, you may want to select a portable air cleaner with a higher CADR.



In some situations, directional air flow may be more effective than amount of outside air (either %OA or ACH)

En algunas situaciones, el flujo de aire direccional puede ser más efectivo que la cantidad de aire exterior (ya sea %OA o ACH)



2 ACH but more protective due to directional air flow
2 ACH pero más protección debido al flujo de aire direccional

8 ACH but less protective due to directional air flow
8 ACH pero menos protección debido al flujo de aire direccional

ACH = air changes of outside air per hour
ACH = cambios de aire con aire exterior por hora



Screen Actors
Guild/American Federation
of Television & Radio Artists
*Sindicato de Actores de
Cine/Federación Americana
de Artistas de Radio y
Televisión*

Informal Agreement: COVID Ventilation in Film Industry

Acuerdo Informal: Ventilación COVID en la Industria Cinematográfica

Table 1	
SUGGESTED MINIMUM OUTDOOR AIR (OA) AT 6 ACH	
MERV #	MINIMUM OA
17	20 %
16	25 %
15	30 %
14	35 %
13	40 %
any #	100 %

Source: M. Rossol

- AIR CHANGES PER HOUR (ACH).** The minimum ACH should be 6...
- FILTER GRADE (MERV RATING).** The minimum grade of filter should be a MERV 13 with the MERV 17 (HEPA) being ideal. (If the system will not operate with a MERV 13, the only option is to run the system at 100% outdoor air.)
- PERCENTAGE OF OUTDOOR AIR.** The percentage of fresh air should be as high as possible with minimums in Table 1.
 - CAMBIOS DE AIRE POR HORA (ACH).** El mínimo debe ser 6...
 - GRADO DE FILTRO (MERV CLASIFICACIÓN).** El grado mínimo de filtro debe ser MERV 13 con MERV 17 (HEPA) siendo ideal. (Si el sistema no funciona con un MERV 13, la única opción es hacer funcionar el sistema al 100% de aire exterior.)
 - PORCENTAJE DE AIRE EXTERIOR.** El porcentaje de aire fresco debe ser lo más alto posible con los mínimos en la Tabla 1.

Essential Principles: SARS-CoV-2 Ventilation

Principios Esenciales: Ventilación para el SARS-CoV-2

Outside air (OA) is clean. Indoor air is potentially hazardous.

El aire exterior (OA – por sus siglas en inglés) está limpio. El aire interior es potencialmente peligroso.

Maximize provision of outside air (%OA).

Maximice la provisión de aire exterior (%OA).

Maximize air exchange (air changes per hour, ACH).

Maximizar el intercambio de aire (cambios de aire por hora, ACH – por sus siglas en inglés)

Eliminate or minimize recirculation of indoor air, within space or among spaces.

Elimina o minimiza la recirculación del aire interior, dentro del espacio o entre espacios.

Maximize filtration of recirculated or potentially contaminated air.

Maximice la filtración de aire recirculado o potencialmente contaminado.

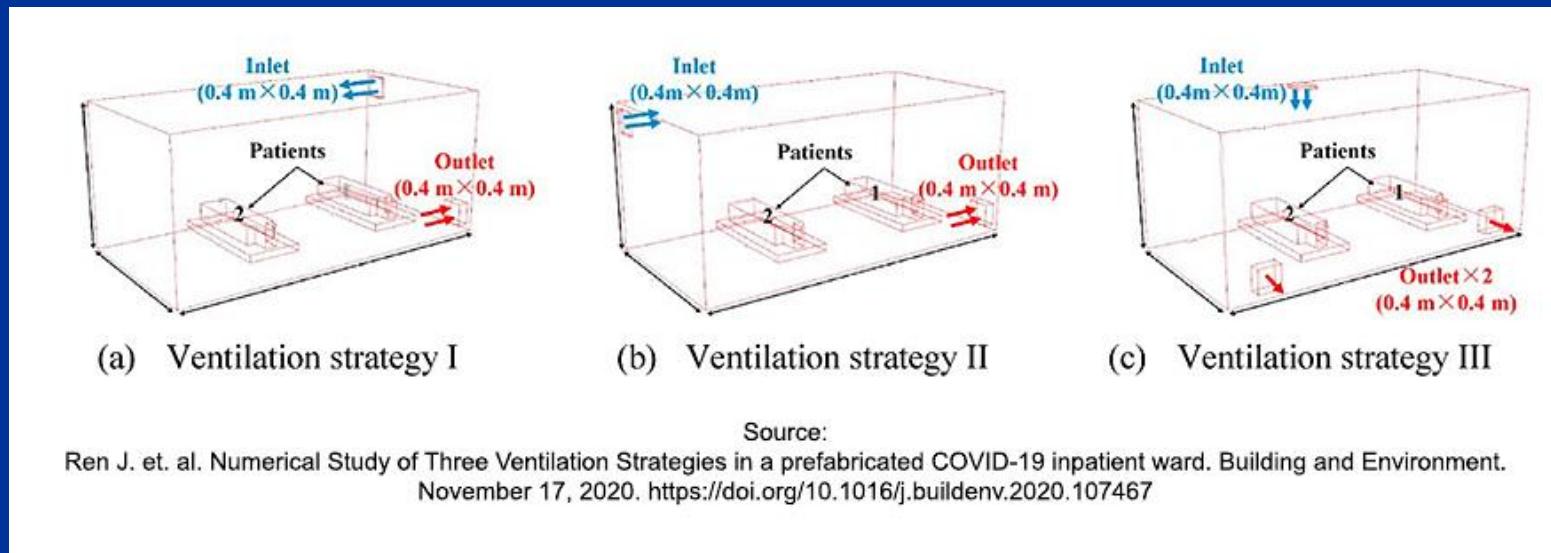
Identify directional air flow. Prevent or minimize downstream exposure to potentially contaminated air.

Identifique el flujo direccional del aire. Prevenga o minimice la exposición que venga desde el aire potencialmente contaminado.

POLL: Quick Ventilation Assessment

ENCUESTA: Evaluación de Ventilación Rápida

- Refer to the diagram below.
- Each room has 2 potentially-infectious patients.
- Each room is identical except for the locations of air supply and exhaust.
- Which room provides the best infection-control ventilation for both patients? Vote for A, B, or C.
- Hacer referencia al diagrama de abajo.
- Cada habitación tiene 2 pacientes potencialmente infecciosos. Cada habitación es idéntica excepto por las ubicaciones de suministro y escape de aire.
- ¿Qué habitación proporciona la mejor ventilación para el control de infecciones para ambos pacientes? Vote por A, B, o C.



Thank you! ¡Gracias!

