



Web: covidco2.exitcorp.net
Twitter: twitter.com/huleeyo
Telegram: t.me/s/CovidCO2
Preguntas frecuentes: <https://tinyurl.com/preguntas-espanol>



COVIDCO2

CDMX

¿Quiénes somos?

Somos parte de una iniciativa social internacional sin fines de lucro con la intención de reducir el riesgo de contagio de COVID-19 a partir de la difusión del conocimiento científico.

COVIDCO2

CDMX

JOSÉ LUIS JIMÉNEZ



Impulsor de la iniciativa, benefactor y asesor científico

Catedrático de Química y Ciencias Medioambientales, experto en aerosoles con doctorado en el M.I.T.

Premios y Honores

NASA: “Premio a los Logros Científicos”

Web of Science: “Quinto científico más citado en estudios de investigación en todo el mundo”.

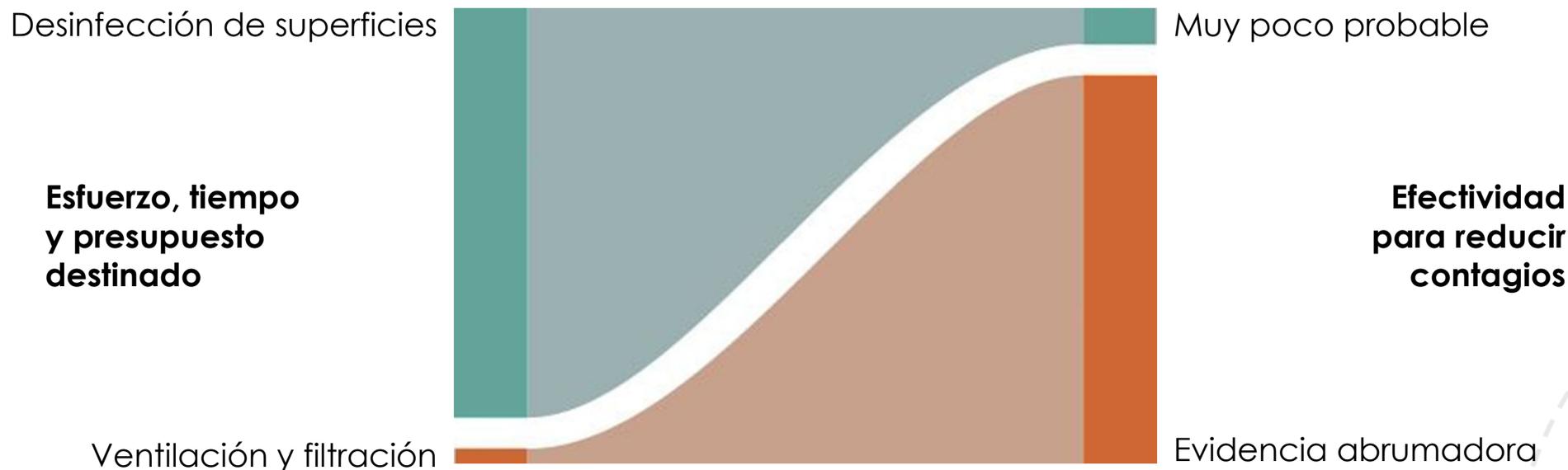
Twitter: <https://twitter.com/jljcolorado> // YouTube: <https://www.youtube.com/channel/UChUCsAMXy8f01R3rWqj4z6A>
Carta escrita: http://bit.ly/Carta_COVID_Medidas y explicación en video: <https://youtu.be/ZePM9Q5iHZU>

Instituciones que hemos asesorado y recomendado

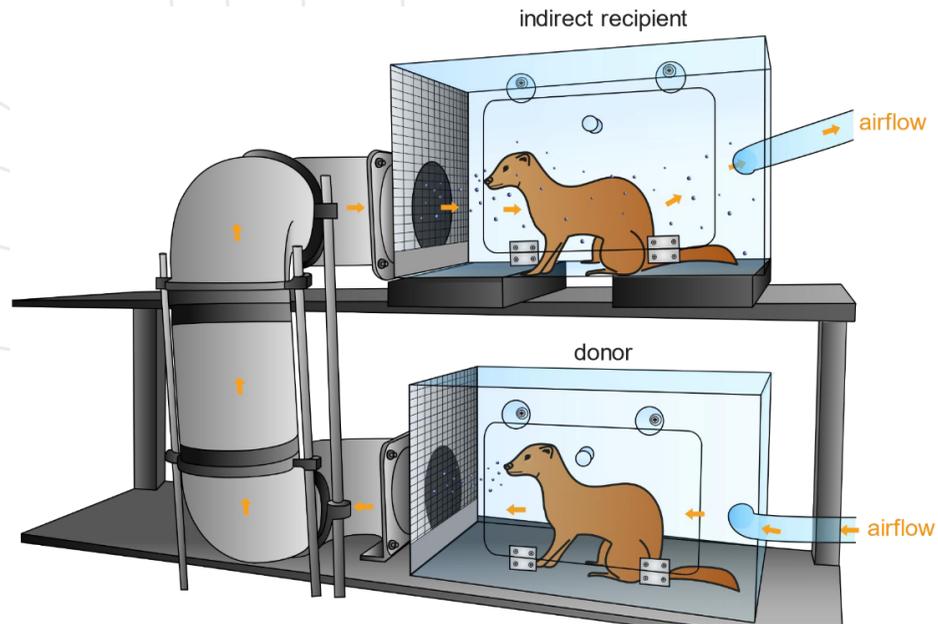
- **Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México:**
 - ✓ Ambas terminales, Aerotrén, pasillos, zonas de comida, salas de espera, oficinas internas, etc.
- **Empresas o dependencias de las iniciativas pública o privada:**
 - ✓ Consultorios médicos y hospitales
 - ✓ Escuelas (desde preescolar hasta universidad)
 - ✓ Farmacéuticas
 - ✓ Industria de alimentos
 - ✓ Oficinas
 - ✓ Museos
 - ✓ Salones de eventos
 - ✓ Supermercados
- **Instituto Mexicano de Seguro Social (IMSS)**
 - ✓ UMF 4
- **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**
 - ✓ Campus Morelia
- **Secretaría de Salud y equipo de trabajo**
 - ✓ Estado de Guerrero
- **Transporte público*:**
 - ✓ Plataformas de autos compartidos, Metro de Ciudad de México, Metrobús, Trolebús y Camiones

Mecanismos de transmisión

- ❑ **Fómites:** Son superficies contaminadas con el virus (muy poco probable, ningún caso documentado)
- ❑ **Gotículas:** Son partículas infecciosas relativamente grandes que pueden contagiar por impacto en boca, fosas nasales y ojos (un cubrebocas ajustado atrapa todas las gotículas que son expulsadas)
- ❑ **Por el aire (aerosoles):** Son partículas infecciosas muy pequeñas que pueden contagiar por inhalación, representan al menos el 90% de la transmisión. Mayor relación con enfermedad grave.



Aerosoles: Principal vía de contagio



Reproducción
en laboratorio



Múltiples casos documentados de
superpropagación en interiores

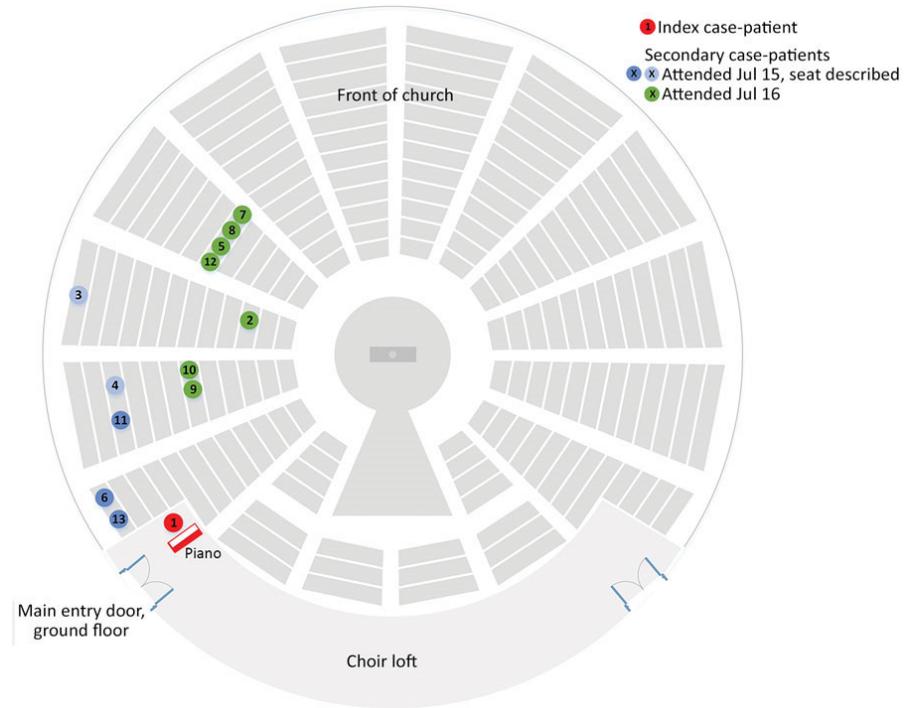
Hurones en laboratorio: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.10.19.345363v1.full.pdf>

Estudio del Coro Skagt: <https://www.colorado.edu/today/2020/09/17/singing-unmasked-indoors-spreads-covid-19-through-aerosols-new-study-confirms>

Aerosoles: Principal vía de contagio



Detección del virus por PCR en filtros HEPA de la ventilación de edificios



Casos documentados (con cámaras de seguridad) a distancia

Virus en filtros: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-76442-2>

Iglesia en Australia: https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/27/6/21-0465_article

Diez razones: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)00869-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00869-2/fulltext)

Aerosoles, oficialmente reconocidos como mecanismo de transmisión por la OMS, la CDC y múltiples gobiernos



**Organización
Mundial de la Salud**



**CENTERS FOR DISEASE CONTROL
AND PREVENTION**

OMS: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>

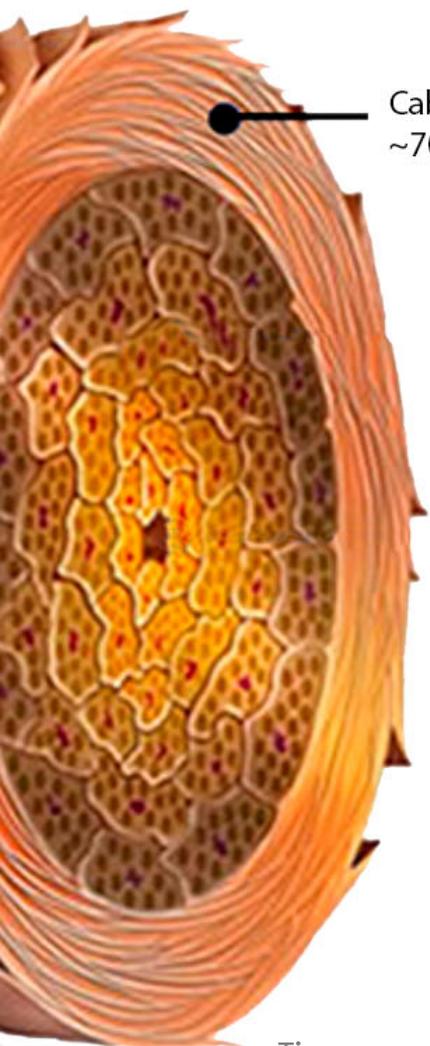
CDC: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/more/scientific-brief-sars-cov-2.html>

Aerosoles como vía de transmisión



Gotitas de saliva que exhalamos, que por su tamaño y peso, pueden permanecer minutos u horas suspendidas en espacios poco ventilados.

Objetos de referencia



Cabello humano
~70 μm (micras) de grueso

Partícula de polvo
~10 μm (micras)



Partícula de polen
>2.5 μm (micras)



SARS CoV-2 - ~0.1 μm (micras)
NUNCA VIAJA SOLO



Tiempo en que tardan en caer desde 1.52m: CDC

Aerosoles < 100 μm (micras)

100 μm (micras)
5.8 segundos suspendidos en el aire



10 μm (micras)
8:12 minutos



3 μm (micras)
1:30 horas



1 μm (micras)
12 horas

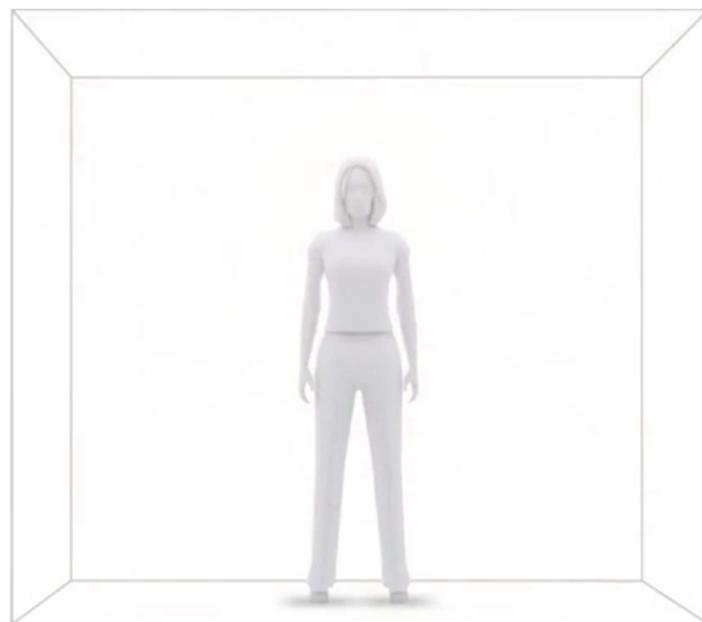


0.5 μm (micras)
41 horas



Viusualización en pantalla de 15.6" equivale a zoom ~1850X

Concentración de aerosoles a través del tiempo



60 minutos

Sin ventilación, los aerosoles quedan en suspensión y se condensan en la sala a medida que pasa el tiempo.

Silencio vs Hablar vs Gritar

⦿ Cada **punto naranja** representa una **dosis de partículas capaz de infectar** al ser inhalada

En silencio



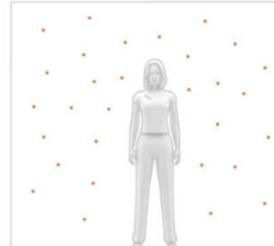
2 minutos



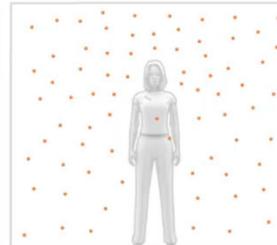
15 minutos



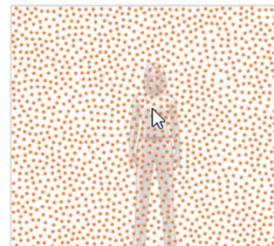
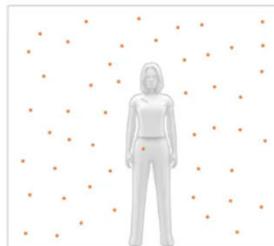
1 hora



Hablar



Gritar o cantar

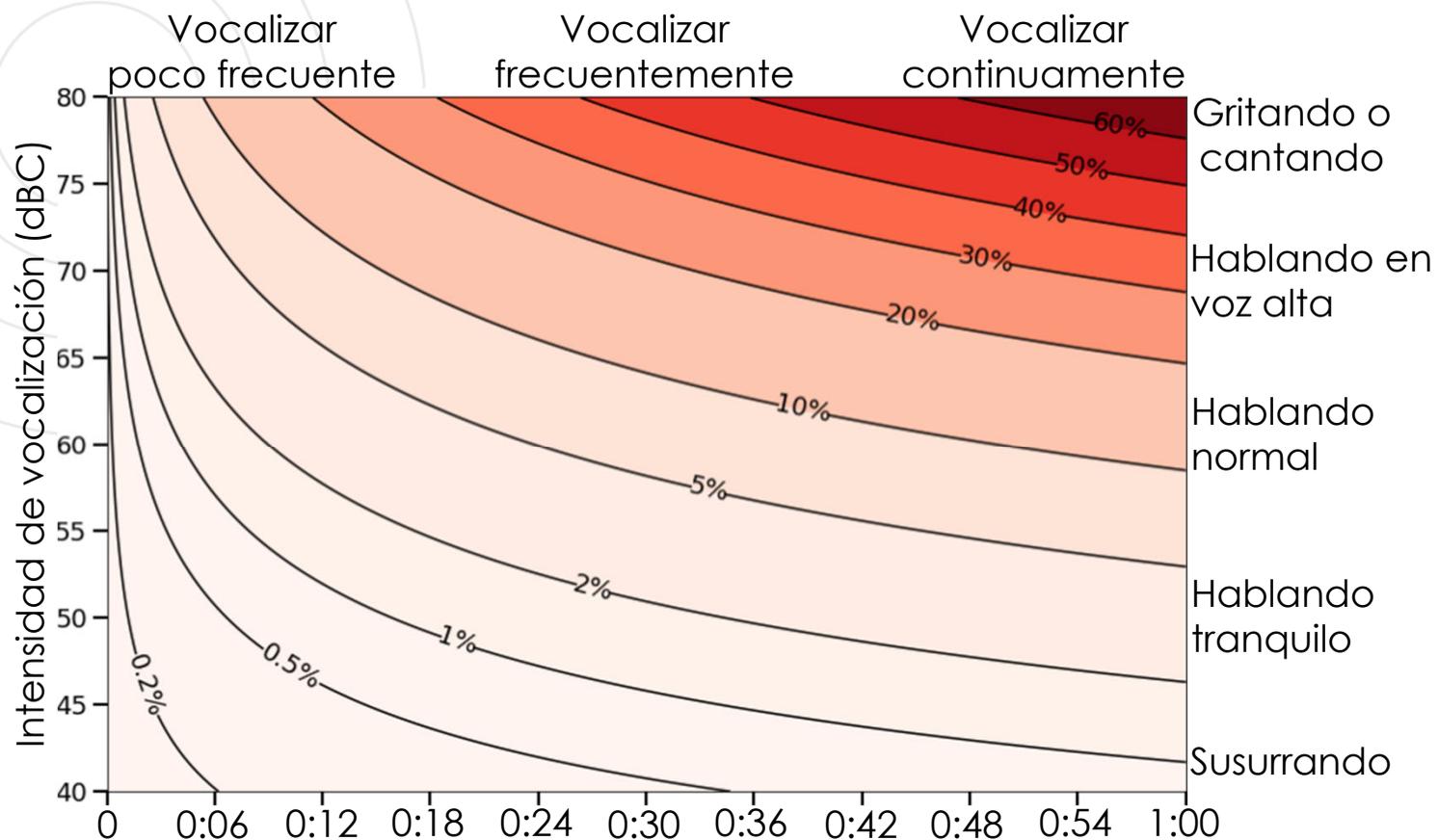


Al hablar emitimos unas **10 veces más** partículas respiratorias que en silencio

Al gritar emitimos unas **50 veces más** partículas respiratorias que en silencio

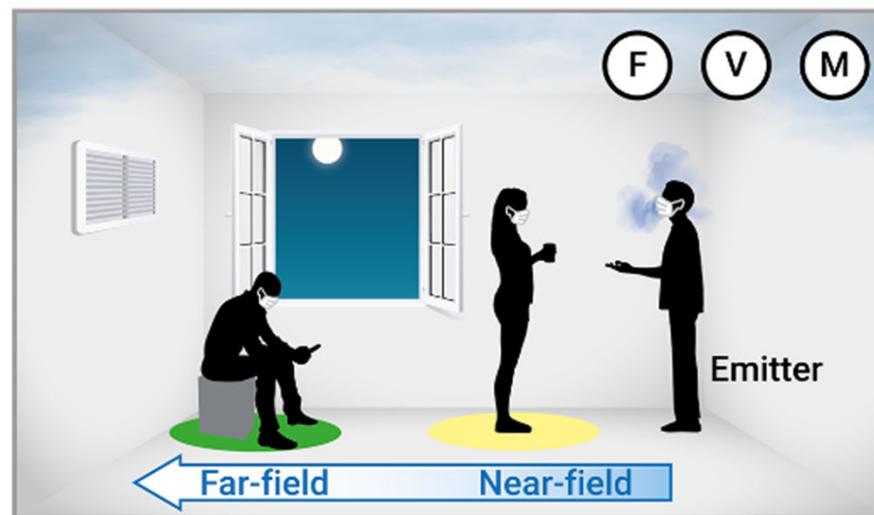
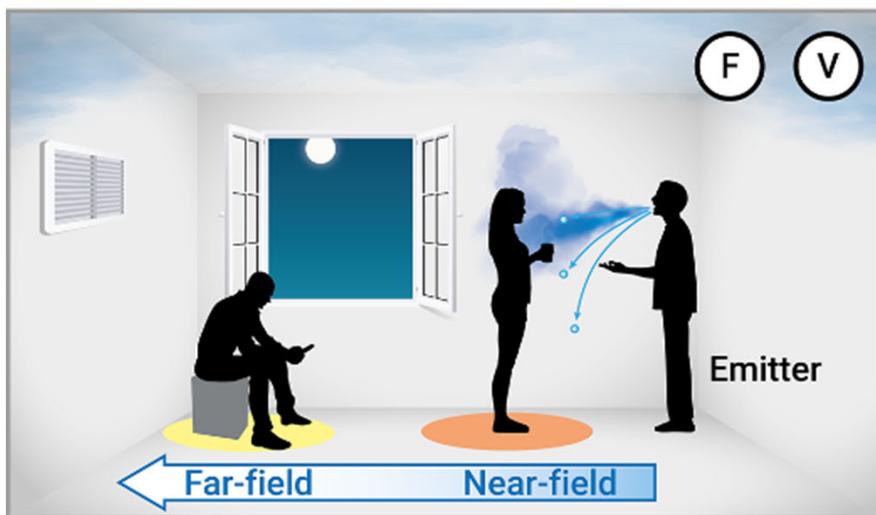
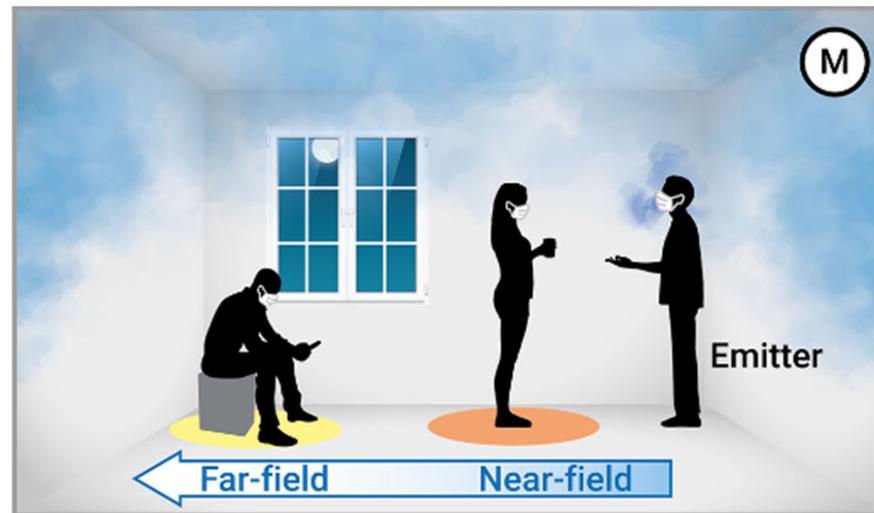
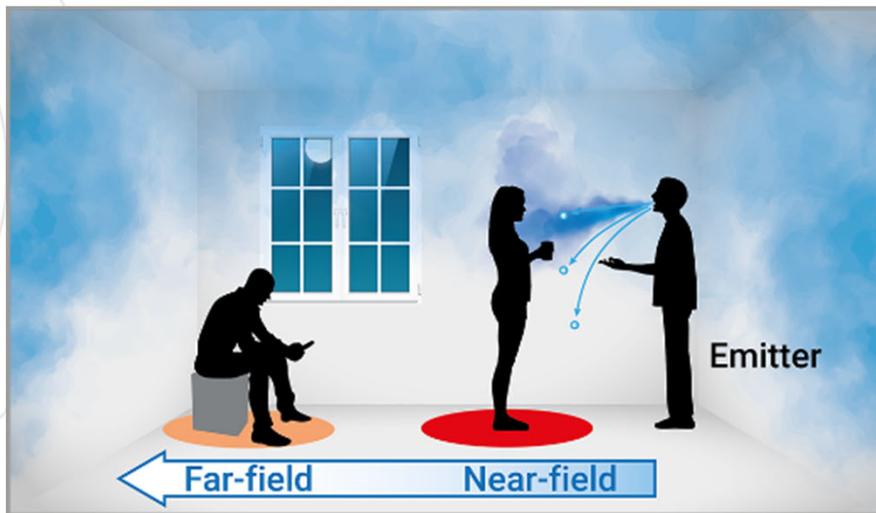
En el peor de los escenarios (gritar o cantar una hora en un espacio cerrado) una persona con covid liberaría **1.500 dosis infecciosas.**

Silencio vs Hablar vs Gritar con ventilación normal

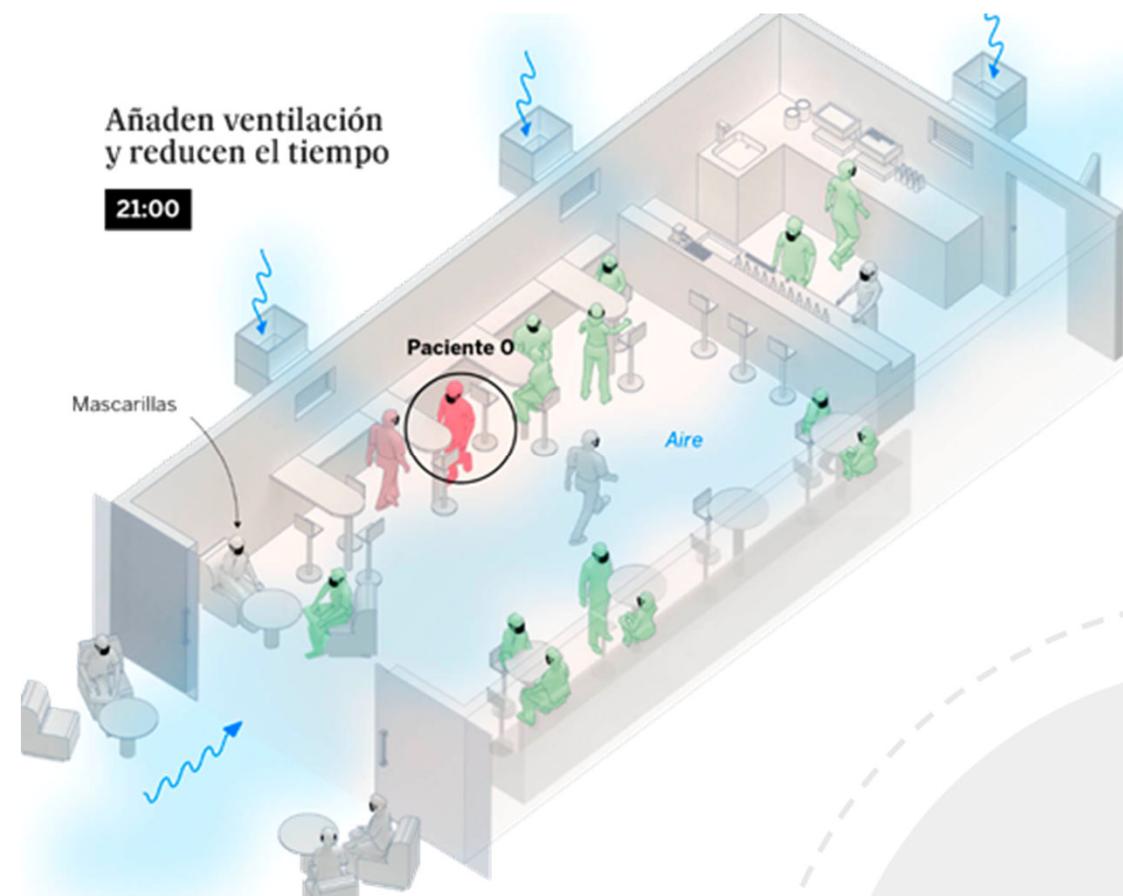


Probabilidad de transmisión en una hora de exposición a una persona contagiosa que vocaliza en una habitación con 3 ACH (una renovación de aire cada 20 minutos), frente a la intensidad de la vocalización (medida a un metro) y la duración de la vocalización del infectado durante la hora de exposición.

Cubre bocas + Ventilación + Filtración + Distanciamiento



Desinfección de superficies vs medidas para aerosoles



Estimador de riesgos

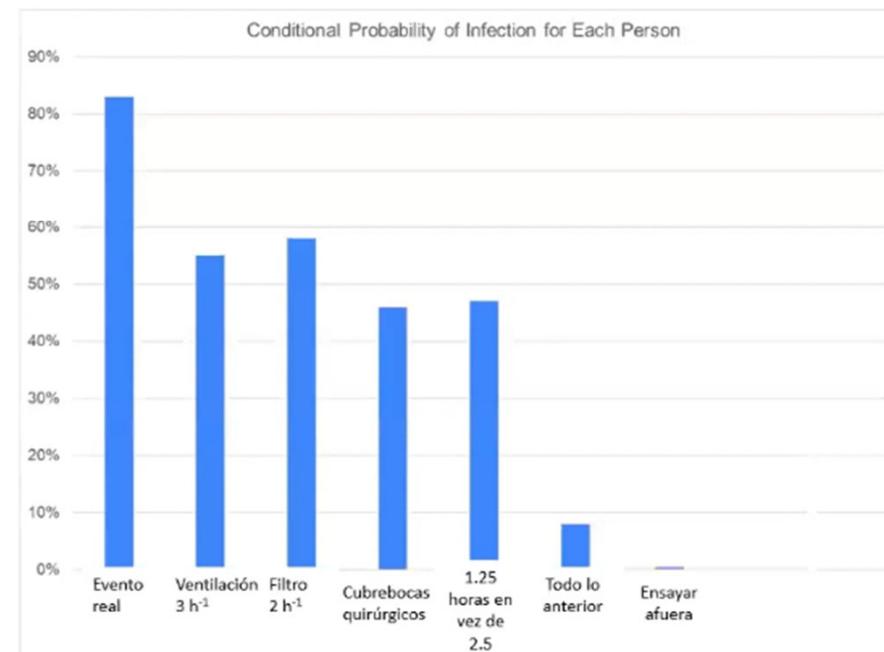
Tipo y nivel de grupo de actividad	Baja ocupación			Alta ocupación		
	Exterior y bien ventilado	Interior y bien ventilado	Mal ventilado	Exterior y bien ventilado	Interior y bien ventilado	Mal ventilado
Con cubrebocas						
En silencio	2,142.86	13.71	2.29	428.57	2.74	0.46
Hablando	428.57	2.74	0.46	85.71	0.55	0.09
Gritando o cantando	71.43	0.46	0.03	14.29	0.09	0.02
Actividad física	30.61	0.20	0.03	6.12	0.04	0.01
Sin cubrebocas						
En silencio	750.00	4.80	0.80	150.00	0.96	0.16
Hablando	150.00	0.96	0.16	30.00	0.19	0.03
Gritando o cantando	25.00	0.16	0.03	5.00	0.03	0.01
Actividad física	10.71	0.07	0.01	2.14	0.01	0.00

Factor de emisión relativo		Nivel de ventilación	
En silencio	1	Exterior y bien ventilado	500 ACH
Hablando	5	Interior y bien ventilado	6 ACH
Gritando o cantando	30	Mal ventilado	1 ACH
Alta actividad física	7		
Factor de respiración relativa		Cubrebocas	
En silencio	1	Eficiencia de filtración al exhalar	50%
Hablando	1	Eficiencia de filtración al inhalar	30%
Gritando o cantando	1		
Alta actividad física	10		
		Tiempo de exposición	
		Corto	1 h
		Prolongado	8 h
Baja ocupación	10 personas	Volumen del lugar	
Alta ocupación	50 personas	Interior	160 m ³
		Exterior	300 m ³



Los espacios interiores nunca son 100% seguros, pero podemos reducir el riesgo

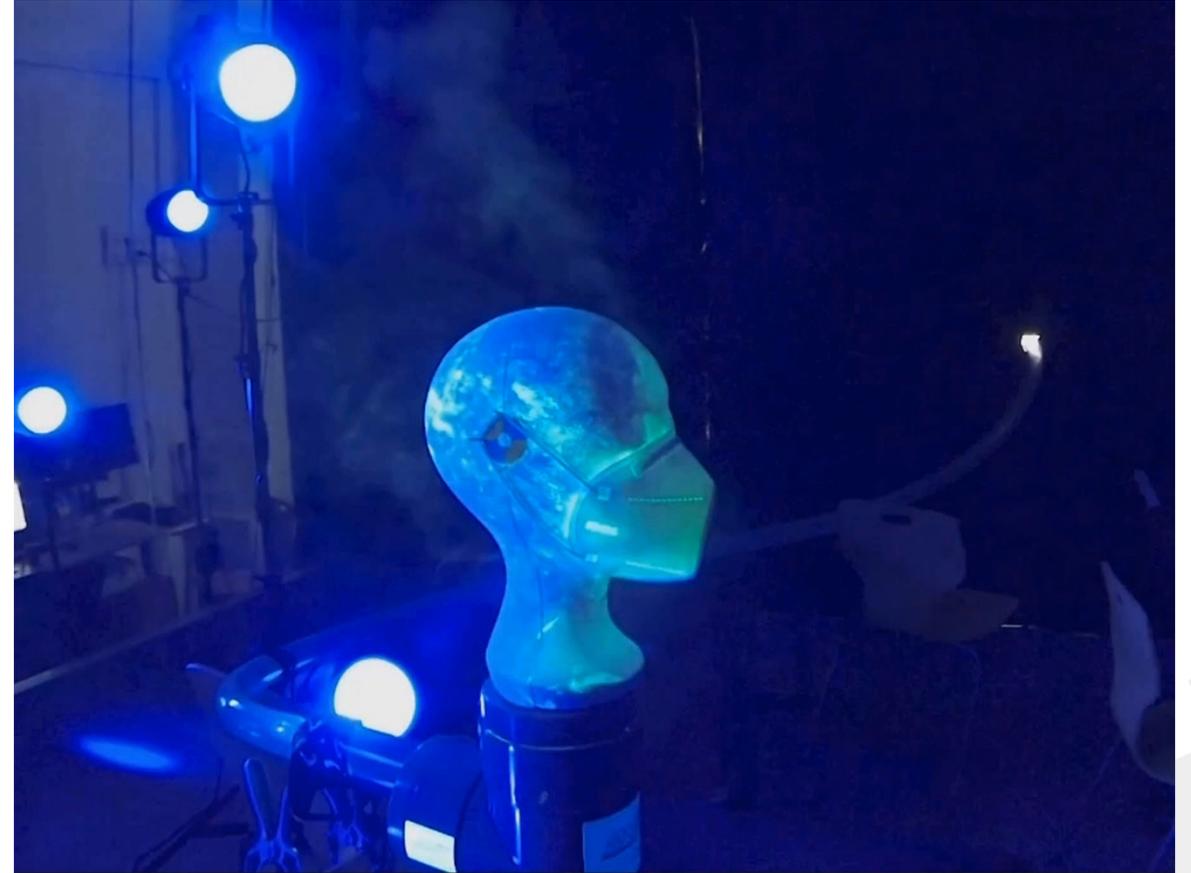
- ¿Que hubiera pasado con diferentes condiciones?
- Impacto de medidas individuales



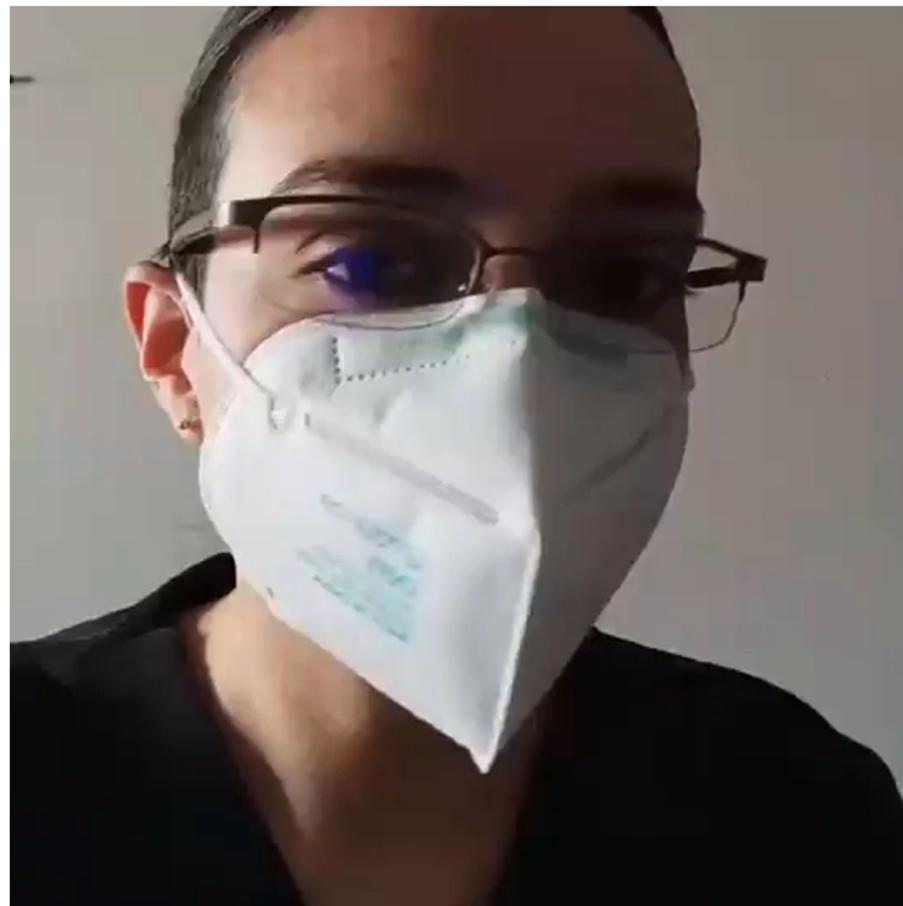
Video explicativo de como se usa el modelo matemático (José Luis Jiménez): <https://youtu.be/u1pseoJHtSA>
 Video de medidas de prevención (Alejandro Cano): <https://youtu.be/rmuGEMcZ5io?t=241>

Cubre bocas // Características necesarias

- **Ajuste:** 2% de fuga representa 50% menos filtración de aire
- **Sin válvula de exhalación ni barba:** Puesto que no se filtra el aire exhalado
- **Cuidar vida útil:** Máximo cinco usos en modo carrusel de al menos tres
- **Material de filtración:** No todos los materiales filtran igual



Cubre bocas // Prueba de sellado



Recomendaciones de cubrebocas certificados y homologados en México: <https://twitter.com/DraAnaMariaLTH/>
Webinar – El uso correcto y los diferentes tipos de cubrebocas (Dra. Ana María López): <https://youtu.be/s5GmbNWB8GI>

Cubre bocas // Mejoras al ajuste



38.5%

60.3%

61.7%



64.8%

78.2%

80.2%



KF94



Estándar Coreano



DISPONIBLE NIÑO O ADULTO

No existe un detector de contagiosos o de virus en el aire en tiempo real



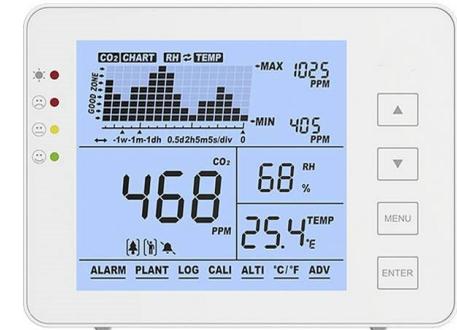
Pero tenemos un truco: Relación entre el CO₂ y el riesgo de contagio



COVIDCO2

CDMX

Medidores de dióxido de carbono



Preguntas frecuentes y estudios a modelos fiables asequibles:
<https://twitter.com/HuLeeYo/status/1360287241009041409>

Lectura CO2

419 PPM

Menor a 551 PPM

551-700 PPM

701-900 PPM

Mayor a 900 PPM

Niveles de CO2

Semáforo de riesgo

Nivel aproximado en exteriores

Riesgo bajo

Riesgo moderado

Riesgo alto

Riesgo muy alto

% de aire reciclado

0%

Menor a 0.33%

0.33% - 0.70%

0.70% - 1.20%

Mayor a 1.20%

3,000PPM = Riesgo extraordinario de contagio = 6.45% del aire respirado, ya estuvo en los pulmones de alguien.
8.6 veces el límite recomendado por los expertos en la transmisión de la COVID-19

Lecturas de CO2 recomendadas

≤ 700 PPM donde se cumpla:

- ✓ Cubrebocas ajustado sin válvula
- ✓ Limitar tiempo de exposición
- ✓ Distanciamiento físico
- ✓ Hablar a volumen bajo.

Ejemplos:

- ✓ Edificios y oficinas
- ✓ Supermercados y tiendas
- ✓ Salas de espera
- ✓ Dependencias gubernamentales.



Lecturas de CO2 recomendadas con mayor riesgo absoluto

≤ 550 PPM en áreas designadas para:

- ✓ Alimentarse o beber
- ✓ Actividades donde se liberen más aerosoles.
- ✓ Lugares donde no se pueda respetar distanciamiento físico.

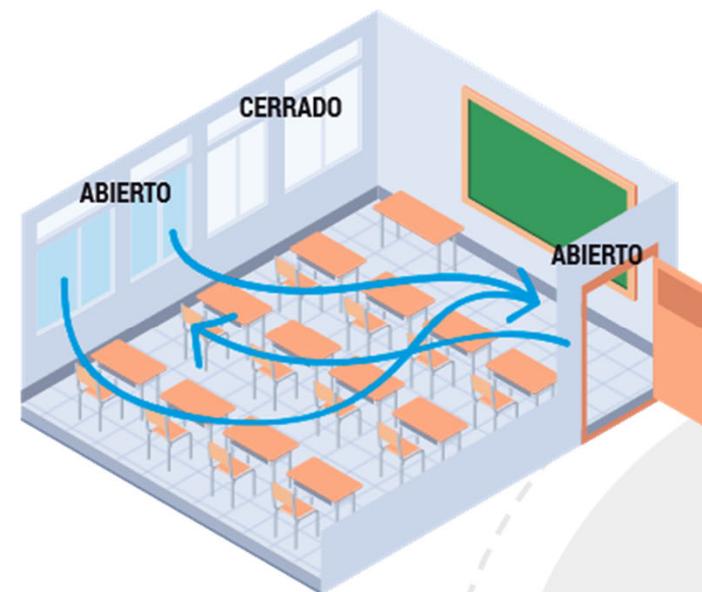
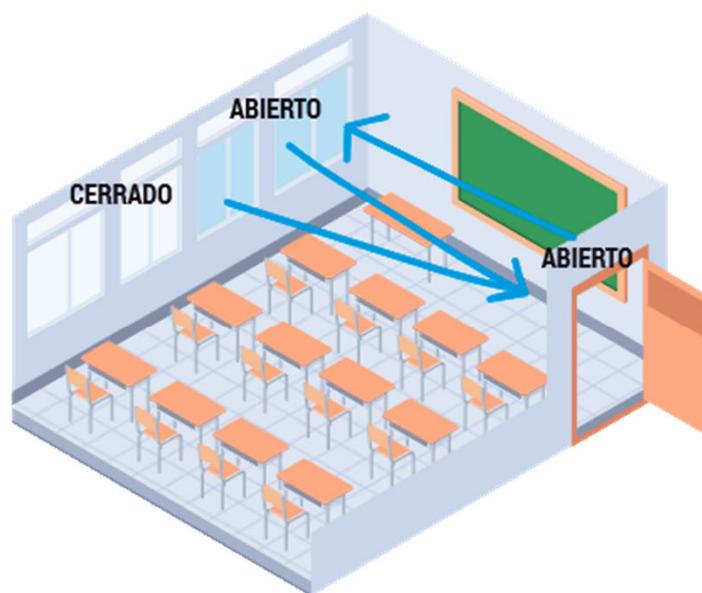
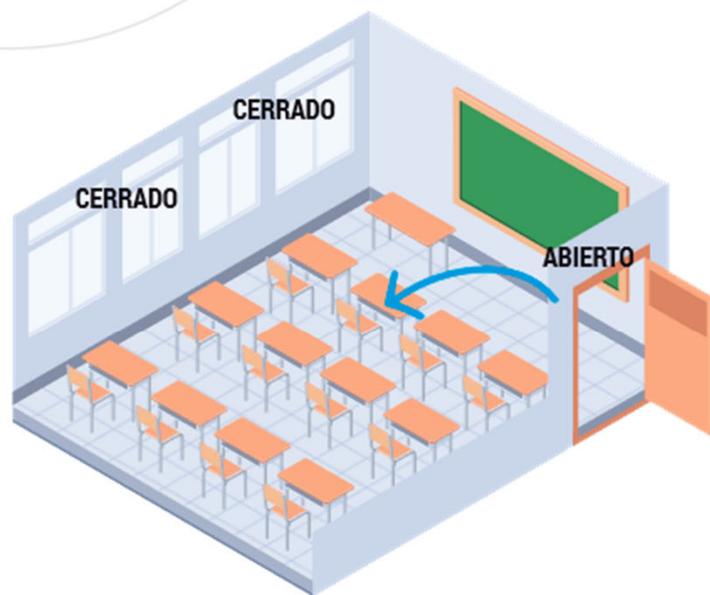


Ejemplos:

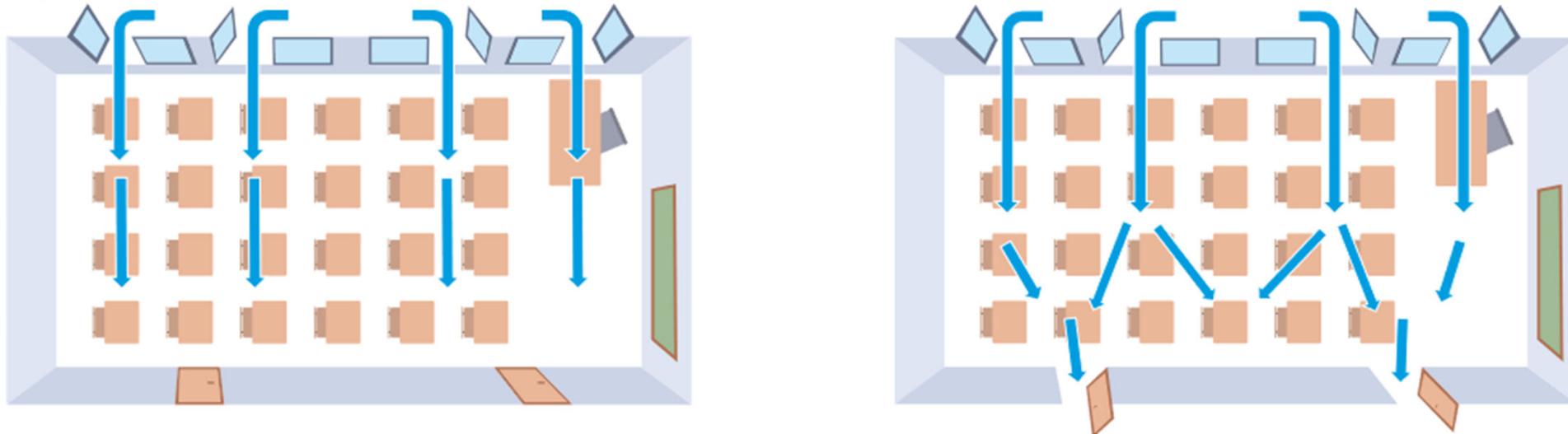
- ✓ Comedores o restaurantes
- ✓ Gimnasios o actividad física
- ✓ Música con instrumentos de viento y/o cantantes.
- ✓ Horas pico en transporte público



Ventilación // Continua, Cruzada, Distribuida y Medida



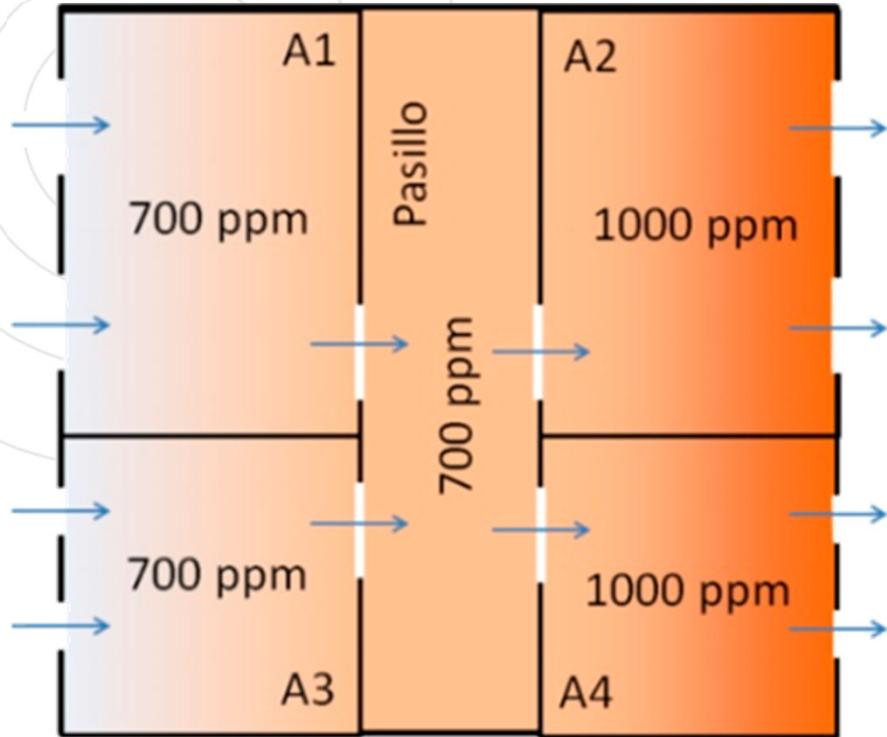
Ventilación // CCDM



Consideraciones importantes:

- ✓ Garantizar 14 litros por persona por segundo (50,400 litros por hora = $50.4\text{m}^3/\text{h}$)
- ✓ Confirmar que se está ventilando adecuadamente con lecturas de CO2 (menores a 700PPM)
- ✓ Cubrebocas, distancia de seguridad y sin actividad física o gritar

Ventilación forzada en aulas y/o oficinas



Solución para aula de 24 alumnos (\$1,000 por alumno)



Ventilación // Aspectos técnicos



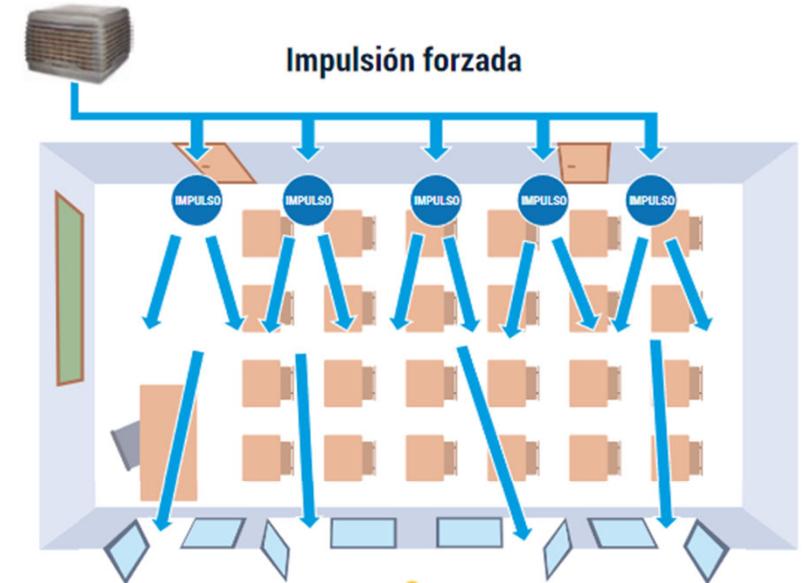
1 CFM = 1.7 m³/h
420 CFM = 714 m³/h



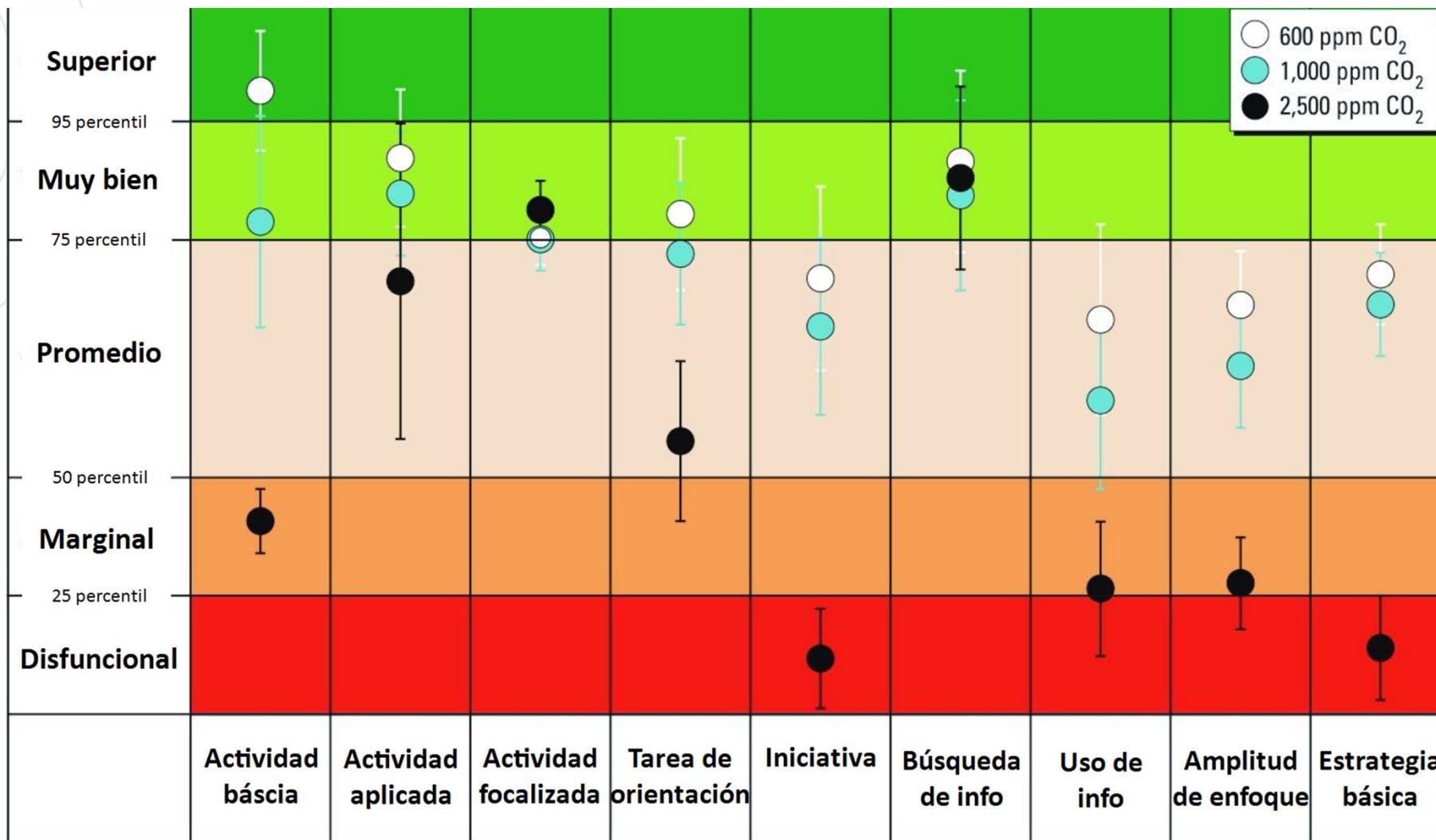
14 litros x persona x segundo
50.4m³/h x persona



2 m de tubo de 8", 2 codos de PVC, ventilador de ducto \$1,850 para 14 personas aprox



Ventilación // Ventajas a corto, mediano y largo plazo



Estudio precovid: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548274/>

Ventilación // Aire acondicionado y otros

- ✓ Aumentar al máximo la cantidad de aire del exterior
- ✓ Instalar filtros al sistema de ventilación para no introducir otro tipo de contaminantes

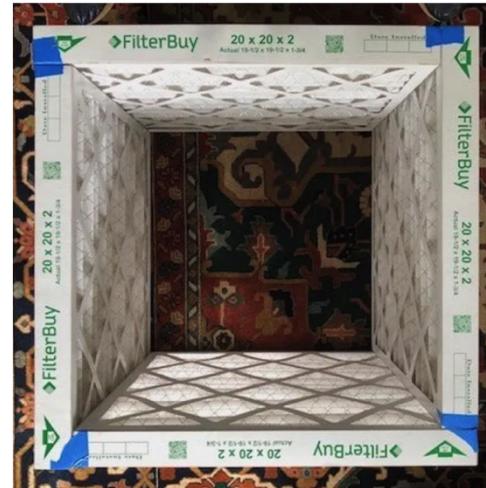


Filtración económica // Filtros MERV13



Cinta adhesiva para fijar la lámina de sellado

Lámina de plástico de sellado



Consideraciones importantes:

- ✓ Siempre a máxima potencia del ventilador (bloquear velocidades menores)
- ✓ Calcular caudal de aire tras la incorporación de los filtros, no antes
- ✓ A mayor cantidad de filtros, mejor: Más caudal de aire limpio y más vida útil
- ✓ Verificar periódicamente el sellado de los filtros
- ✓ Ubicación, altura y dimensiones del lugar.

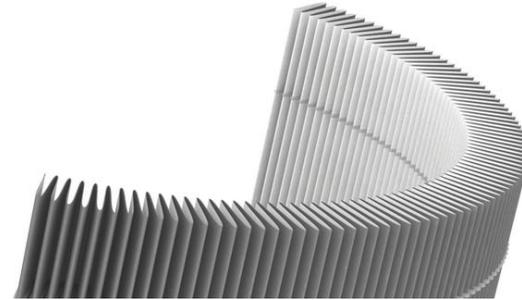
Filtración fácil // Filtros HEPA



380 m³/h
PM CADR

Mi Air Purifier 3H

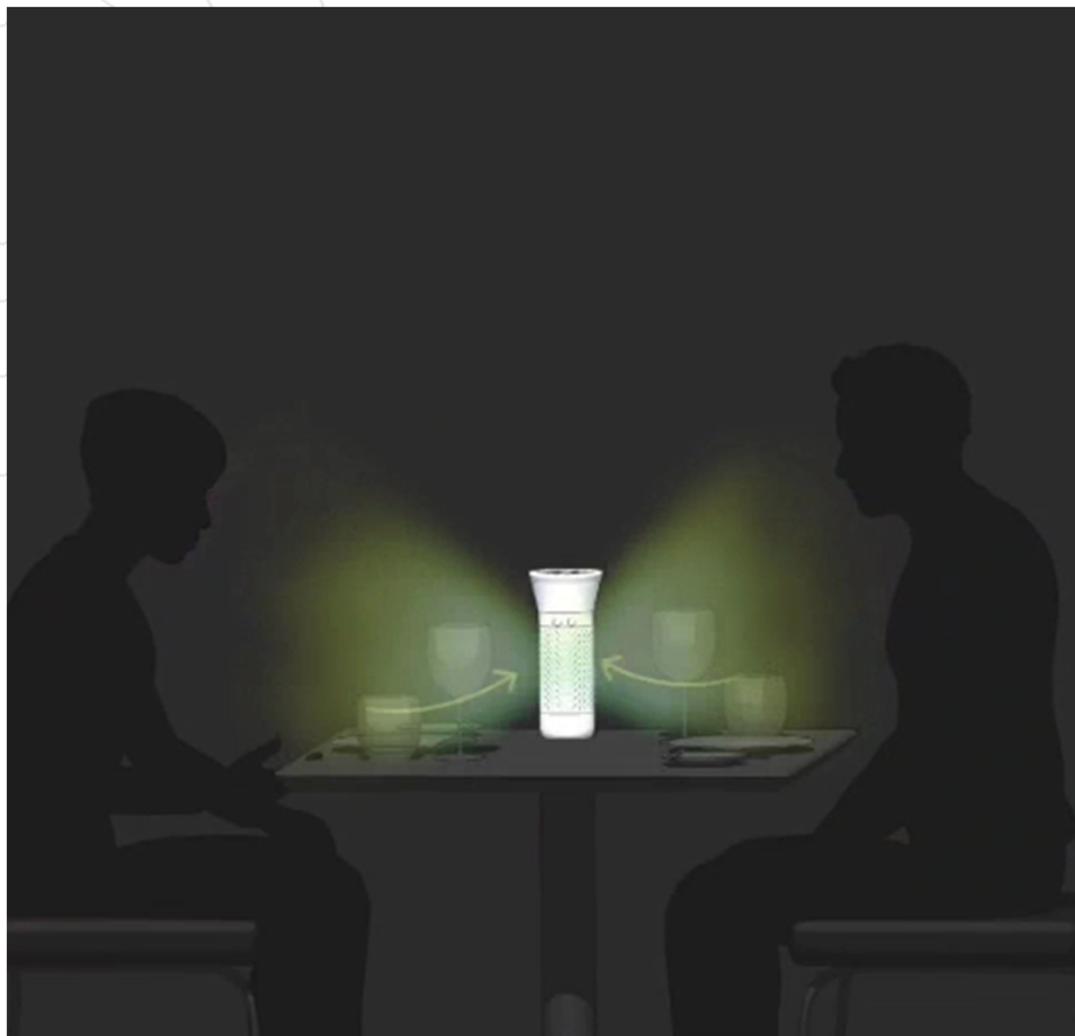
22%
PM CADR incr



Consideraciones importantes:

- ✓ Siempre a máxima potencia (bloquear velocidades menores)
- ✓ Dimensiones del lugar para calcular el CADR ideal
- ✓ Ubicarlos al centro del lugar
- ✓ Posicionar la toma de aire a la altura de la cara de las personas
- ✓ No confundir m² con m³

Retención de partículas infecciosas y mantenimiento



Nuevo

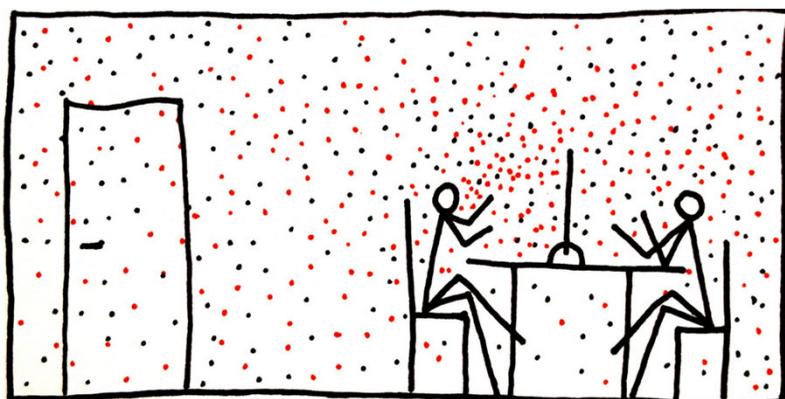
Muy usado

Fuente: New York Times

Calculadora de filtros HEPA para escuelas: <https://tinyurl.com/portableaircleanertool>

Purificadores, desinfectantes y medidas no recomendadas o peligrosas

- ❖ **Luz ultravioleta:** Funciona pero es costoso, requiere mantenimiento de personal especializado y es peligroso si se instala incorrectamente
- ❖ **Ozono:** Dañino para los pulmones de cualquier ser vivo, solo usar en ausencia de estos, por lo que, solo desinfecta fómites, los cuales tienen nula o casi nula capacidad de contagiar
- ❖ **Ionización, oxidación y plasma:** Las reacciones químicas que provocan pueden producir compuestos tóxico
- ❖ **Otras tecnologías como peróxido de hidrógeno:** A la fecha, no hay una que no haya demostrado inactivar al virus sin dañar al ser humano
- ❖ **Arcos sanitizantes:** Humedecer los cubrebocas reduce su capacidad de filtración, peor con ozono.
- ❖ **Barreras físicas:** Acrílicos, plásticos y similares empeoran la ventilación



Explicación científica: <https://threadreaderapp.com/thread/1292140276467802117.html>

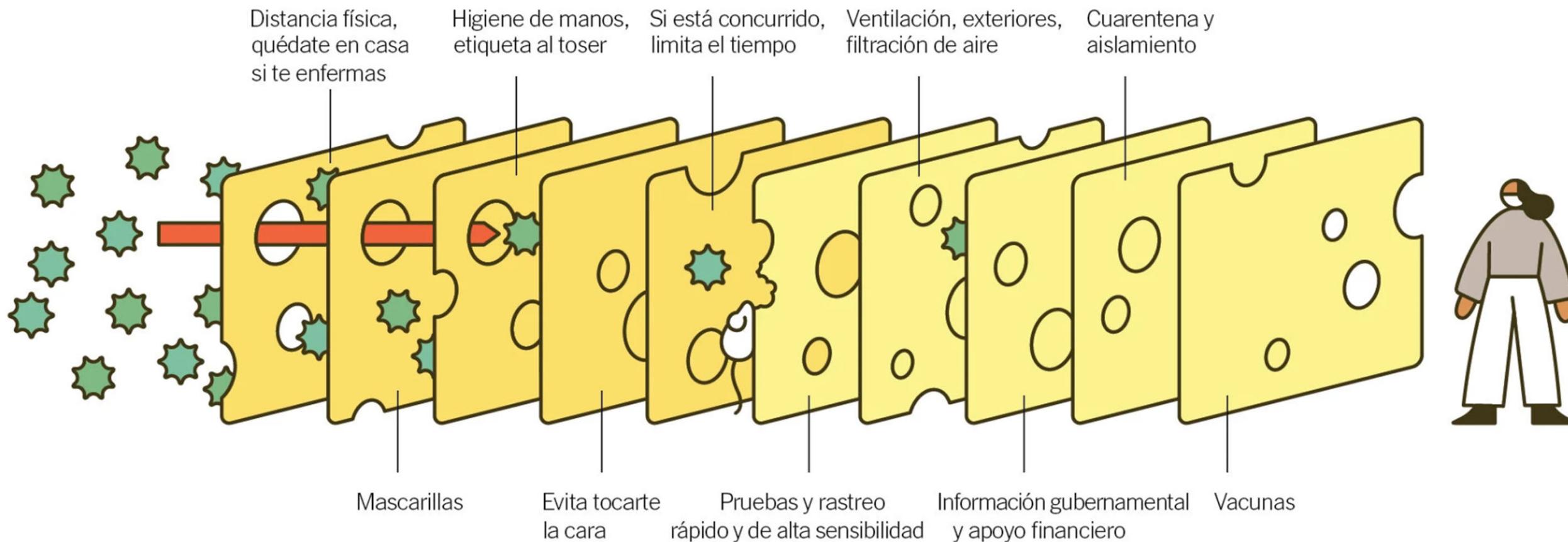
Barreras físicas: <https://twitter.com/jljcolorado/status/1390378124857298947>

Las múltiples capas mejoran la probabilidad de éxito

El modelo del queso suizo de respuesta para virus pandémicos respiratorios advierte que ninguna medida por sí sola es perfecta para prevenir la propagación del coronavirus. Cada intervención (capa) tiene huecos.

Responsabilidades **personales**

Responsabilidades **compartidas**



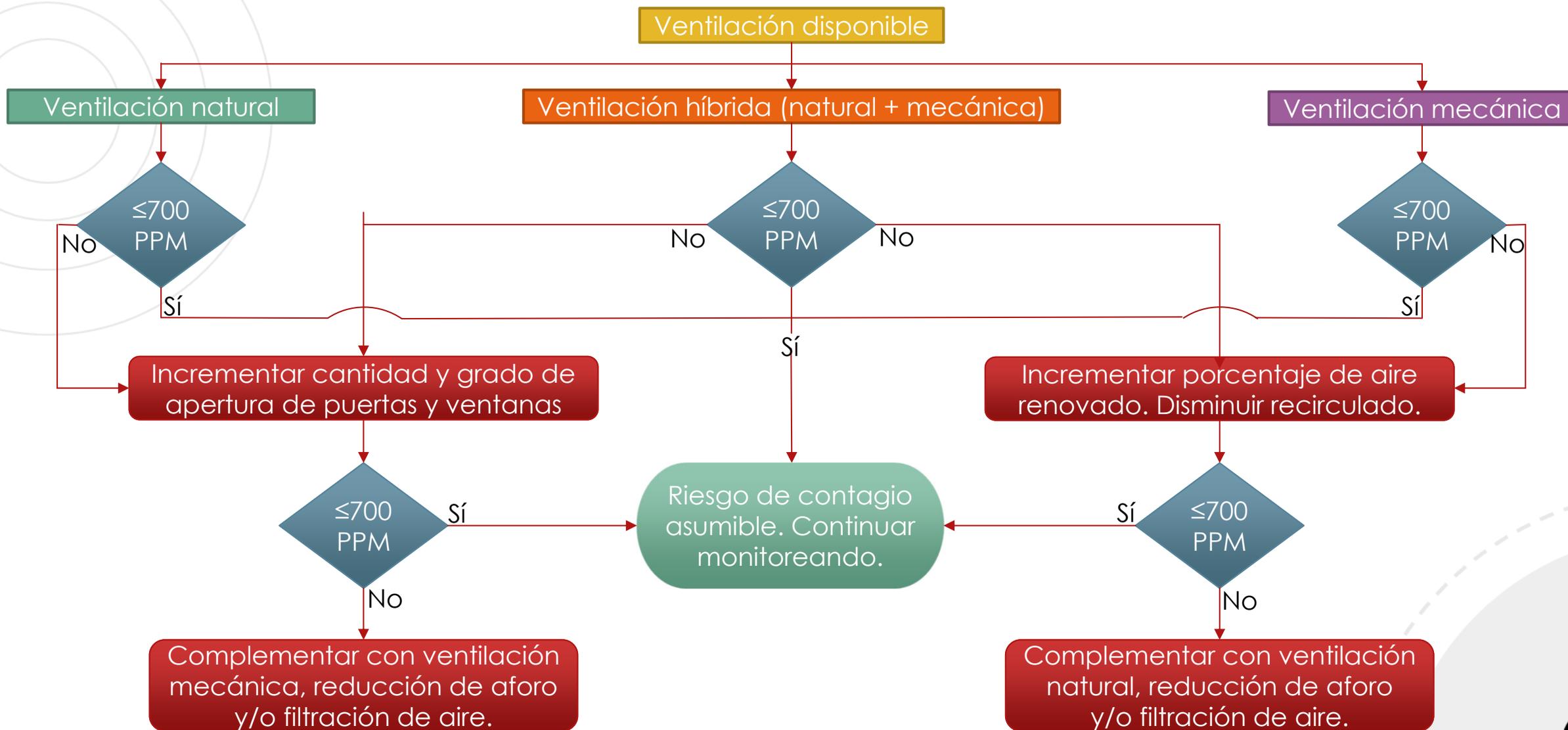
Pérdidas por no implementar medidas contra aerosoles

- Pérdida parcial a seguimiento de proyectos
- Aumento de carga de trabajo
- Ausentismo (faltas injustificadas)
- Presentismo (menor productividad)
- Incapacidades por enfermedad
- Permisos para cuidar familiares
- Procesos de reclutamiento y selección
- Fuga de talento a la competencia
- Bajas o renunciaciones
- Capacitación a nuevo personal.
- Inconformidad entre los empleados
- Salud general de la empresa

Sugerencia para comenzar a implementar medidas

1. Adquirir medidor de CO2 con sensor NDIR, al menos uno por cada inmueble
2. Explicar de forma clara el porqué de las medidas a todos y cada uno de los empleados y colaboradores, entregar la información en trípticos, videollamadas y señalar ventanas, filtros, etcétera
3. Capacitar a al menos dos personas que serán los delegados de la reducción de riesgos por inmueble
4. Establecer protocolo de acción ante la detección de niveles de CO2 superiores a los recomendados
5. Establecer protocolos de acción en caso de síntomas o pruebas positivas antes, durante o después de un evento en empleados, proveedores, clientes o invitados
6. Hacer adecuaciones necesarias al inmueble:
 - a. Ventilación
 - b. Filtración
 - c. Cubrebocas adecuados para los colaboradores
7. Señalar en los inmuebles el porqué de las medidas y reglamentos a los que están sujetos tanto empleados como clientes
8. Analizar comportamiento de los niveles de CO2 para perfeccionar las medidas en próximos eventos.

Árbol de decisiones para disminuir riesgo de contagio en interiores



Errores frecuentes al implementar medidas vs aerosoles

1. No disminuir el número de empleados y no considerarlos como parte del aforo máximo
2. Colocar plásticos o acrílicos que no funcionan y afectan a la ventilación
3. Gastar presupuesto en medidas inútiles como tapetes sanitizantes, químicos sanitizantes y productos milagro
4. Hacer filas o zonas de espera en interiores
5. No encender ventilación al comienzo de la jornada
6. Apagar ventilación y/o cerrar ventanas antes del final de la jornada
7. Disminuir velocidad del sistema de ventilación
8. Apagar sistema de ventilación por ruido o sensación térmica
9. No explicar el porqué de las medidas a empleados y/o clientes
10. Cambiar dirección del flujo aire (extractores o inyectores)
11. Bloquear ventanas o rejillas con acrílicos, cortinas, etc. (Ej. Restaurantes)
12. Descuidar los sanitarios y otros espacios de corto periodo de uso
13. No aplicar medidas fuera del centro de trabajo (transporte, fines de semana, salidas, etcétera)
14. No considerar los cambios en la dirección del viento, la velocidad, las actividades y el aforo
15. Ser más laxo con las medidas implementadas por el éxito de las mismas.

COVIDCO2

CDMX

Preguntas y respuestas



Ing. Julio Soto

Web: covidco2.exitcorp.net

Twitter: twitter.com/huleeyo

Telegram: t.me/s/CovidCO2

Preguntas frecuentes: <https://tinyurl.com/preguntas-espanol>

COVIDCO2

CDMX



Diapositivas auxiliares

Recomendaciones más importantes para escuelas (en desarrollo)

1. Identificar a administrativos, maestros y alumnos con anticuerpos (no es necesario en población vacunada)
2. Curso de inducción a todos los niveles en materia de reducción de riesgo de contagio para padres, alumnos, profesores, administrativos, etcétera.
3. Facilidad de continuar con la educación a distancia (clases en línea y presenciales de manera simultánea en escuelas con internet)
4. Priorizar clases y actividades al aire libre
5. Aforo controlado en aulas basadas en mediciones de CO2
6. Comedores y recreo al exterior exclusivamente y en horario escalonado
7. Acondicionamiento de “aliviaderos” para hacer ajustes de sellado, descansar, beber agua, etc.
8. Aislamiento inmediato en exteriores a personas con síntoma o prueba positiva, activar protocolos
9. Considerar medidas fáciles, temporales y baratas:
 - a) Retirar ventanas para reutilizar después
 - b) Altavoz para profesores (menos aerosoles)
 - c) Videollamada para clases híbridas (uso de manos libres para presenciales)

Aerosoles como vía de transmisión



Representación gráfica de aerosoles infecciosos

Los estilos de vello facial y los respiradores con mascarilla de filtrado

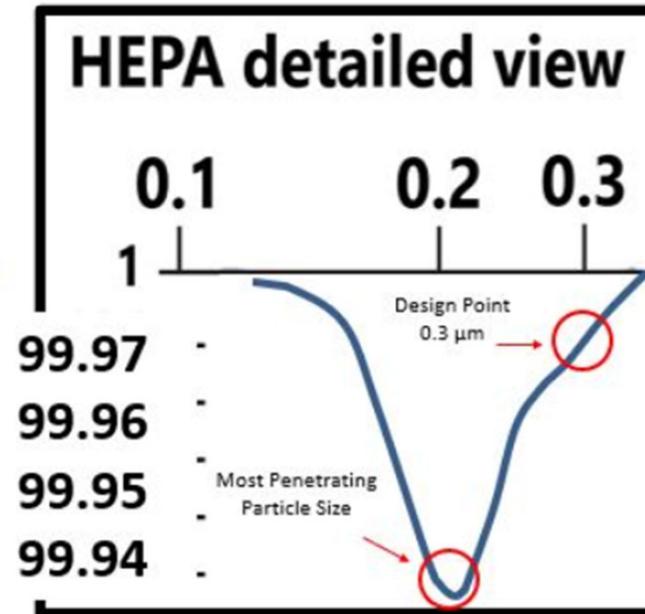
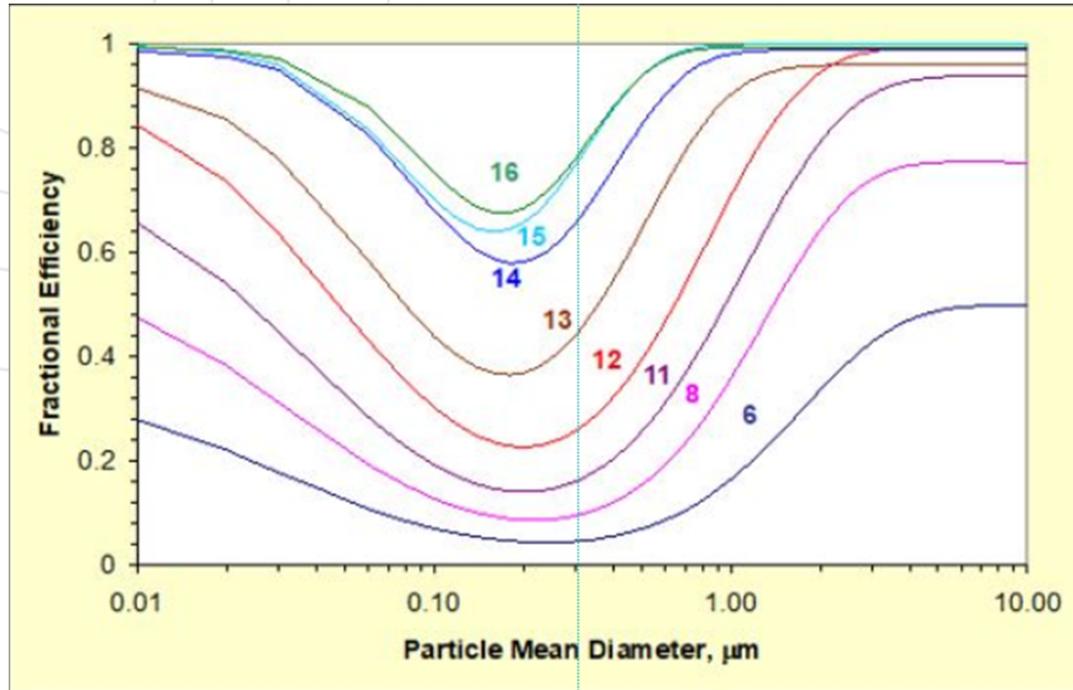
Superficie de sellado del respirador

Completamente afeitado ✓	Barba de 3 días ✗	Barba media ✗	Barba larga ✗	Tenedor francés ✗	Cola de pato ✗	Verdi ✗	Garibaldi ✗	Bandholz ✗
Parche de mentón ✓	Chivita (¡Cuidado! La barba del mentón puede salirse fácilmente por debajo del sello)	Cortina de mentón ✗	Chivita extensa ✗	Redondeada ✗	Ancla	Balbo (¡Cuidado! La barba del mentón puede salirse fácilmente por debajo del sello)	Van Dyke ✗	Imperial ✗
Patillas ✓	Cordero alfa ✗	Hulihee ✗	Herradura (Cuidado que no salga por debajo del sello)	Zappa ✓	Morsa ✓	Brocha ✓	Chevrón ✓	Manubrio ✓
Lápiz ✓	Cepillo de dientes ✓	Pantalla de lámpara ✓	Zorro ✓	Villano (Cuidado que no salga por debajo del sello)	Fu Manchu ✗	Inglés ✗	Dali ✗	

noviembre 2017
 *Si su respirador tiene válvula de exhalación, algunos de estos estilos podrían interferir con el correcto funcionamiento de la válvula si el vello facial entra en contacto con ella.
 †Esta gráfica quizás no incluya todos los estilos de vello facial. Independientemente del estilo que se use, el vello no debe pasar por debajo de la superficie de sellado del respirador.
 Fuente: OSHA Respiratory protection standard
<https://www.osha.gov/SLIC/respiratoryprotection/standards.html>
 Más información para leer: Sitio web de NIOSH de recursos confiables sobre respiradores
https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/disp_part/RespSource.html

Centers for Disease Control and Prevention
 National Institute for Occupational Safety and Health

Diferencia de filtración entre MERV y HEPA



-  10 µm (micras)
8:12 minutos
-  3 µm (micras)
1:30 horas
-  1 µm (micras)
12 horas
-  0.5 µm (micras)
41 horas

Cuidado con el marketing y los filtros HEPA

Consumer Fraud Alert:

HEPA-type
HEPA-like
HEPA-style
99% HEPA
HEPAsilent
HEPA Ultra
Ionic HEPA
HEPAFast
HEPA Efficiency
HEPA Functions
HEPA Action
Plasma HEPA
Super HEPA
HyperHEPA

HEMPA o
cualquier solución
que prometa
limpiar el aire con
plantas

MERV 13 o equivalente es suficiente



ASHRAE Recommendation

- MERV 13 or equivalent.
- Air cleaning technologies can be combined to produce the desired MERV 13-equivalent level of air cleaning.
- Only proven technologies.

MERV 7 + MERV 11 = MERV 13

→ You don't need to upgrade any of those filters to MERV 13

MERV 11 + UVC 60% = MERV 13

MERV 8 + UVC 80% = MERV 13

MERV 11 + CADR 150 = MERV 13

MERV 8 + CADR 300 = MERV 13

COVIDCO2

CDMX

Aerosoles

Gotículas

Distancia

0

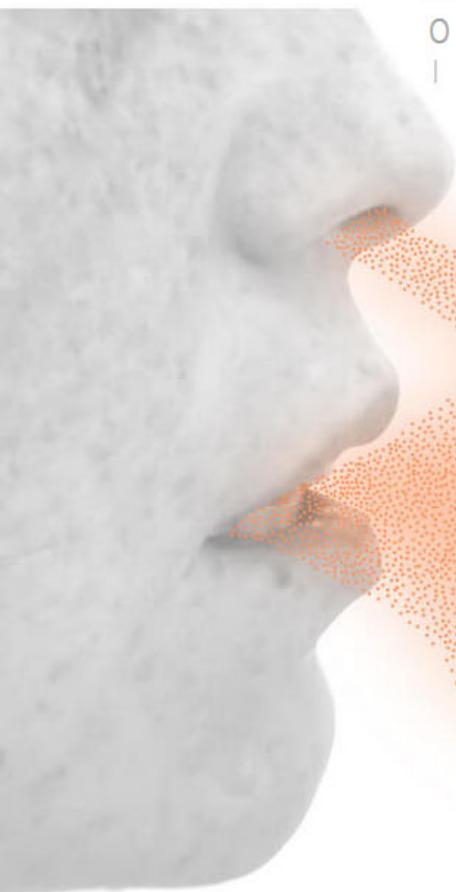
10cm

20cm

30cm

40cm

50cm



Por cada gotícula
liberamos alrededor
de 1.200 aerosoles

Entre **más tiempo** se pase en un **lugar cerrado**,
compartiendo el aire con otras personas, más

CO₂

habrá, por lo tanto, habrá **más aerosoles** flotando en el
ambiente que a su vez significan **mayor riesgo**.