

Zúñiga Carrasco, Iván Renato¹
Miliar de Jesús, Reyna²

Equipo de protección personal: su importancia para disminuir el riesgo contra gotas y aerosoles

Personal protection equipment: its importance in reducing the risk against drops and aerosols

Fecha de aceptación: febrero 2022

Resumen

Las infecciones respiratorias se producen a través de la transmisión de gotitas que contienen virus (> 5 a $10 \mu\text{m}$) y aerosoles ($\leq 5 \mu\text{m}$) exhalados por las personas infectadas cuando respiran, hablan, tosen y estornudan. Una gran proporción de la propagación de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) parece estar ocurriendo a través de la transmisión aérea de aerosoles producidos por personas asintomáticas mientras respiran y hablan. Los aerosoles se pueden acumular y permanecer infecciosos en el aire interior durante horas, y pueden inhalarse fácilmente hacia los pulmones. Los seres humanos producimos gotitas respiratorias que oscilan entre 0.1 y 1 000 μm . Una competencia entre el tamaño de las gotas, la inercia, la gravedad y la evaporación determina qué tan lejos viajarán en el aire las gotas y los aerosoles emitidos.

Palabras clave: gotas, aerosoles, SARS-CoV-2, equipo de protección personal.

Abstract

Respiratory infections occur through the transmission of virus-containing droplets (> 5 to $10 \mu\text{m}$) and aerosols ($\leq 5 \mu\text{m}$) exhaled by infected persons when breathing, speaking, coughing, and sneezing. A large proportion of the spread of coronavirus disease 2019 (COVID-19) appears to be occurring through airborne transmission of aerosols produced by asymptomatic individuals during breathing and speaking. Aerosols can accumulate, remain infectious in indoor air for hours, and can be easily inhaled into the lungs. Humans produce respiratory droplets ranging from 0.1 to 1 000 μm . A competition between droplet size, inertia, gravity, and evaporation determines how far the emitted droplets and aerosols will travel through the air.

Keywords: drops, aerosols, SARS-CoV-2, personal protective equipment.

Introducción

El personal que toma muestras, el que realiza el embalaje, el personal de filtro de pacientes, personal de higiene y limpieza, así como todo aquel que tiene contacto directo o indirecto con pacientes sospechosos o confirmados por COVID en las áreas denominadas módulo respiratorio, covidario, covitorio, entre otros nombres, debe asegurarse de contar y portar el equipo de protección personal (EPP) de calidad apropiada y en cantidad suficiente.¹

El equipo recomendado por diversos institutos incluye mascarillas N95, N100 (o equivalentes), lentes con protección lateral (*goggles*), bata desechable de manga larga, doble par de guantes de nitrilo, cubrezapatos, careta y gorro quirúrgico con liga.²⁻⁸

Es importante utilizar mascarillas —también conocidas con diversos nombres de uso coloquial como cubrebocas, tapabocas, bozales, barbijos, entre otros— en lugares con condiciones que pueden acumular altas concentraciones de agentes patógenos como los entornos de atención médica, asimismo son de gran utilidad en lugares concurridos como aviones, restaurantes, bares y otros con ventilación reducida.⁹

Las mascarillas proporcionan una barrera que reduce significativamente el número de virus infecciosos en el momento del proceso de exhalación, en especial en personas asintomáticas y con síntomas leves.¹⁰

El material de la mascarilla quirúrgica disminuye la probabilidad y la gravedad del SARS-CoV-2 al reducir sustancialmente las concentraciones de virus en el aire.¹¹

¹ Servicio de Epidemiología, Unidad de Medicina Familiar 223, IMSS, Lerma, Estado de México

² Enseñanza de enfermería, Hospital General Dr. Nicolás San Juan, Instituto de Salud del Estado de México, Toluca

Las mascarillas también pueden proteger a las personas no infectadas de los aerosoles y gotitas que contienen SARS-CoV-2.^{11,12}

Estudios de exposición sugieren que las mascarillas N95 generalmente tienen filtros más eficientes y mejores características de sellado facial, en comparación con las mascarillas quirúrgicas. El sellado es importante para hacer más eficiente el cuidado de los trabajadores de salud.¹³

Equipo de protección personal



Equipo de protección personal, cabeza



Gotas, aerosoles y transmisión

Se ha reconocido que los patógenos respiratorios se pueden transmitir a través de gotas, algunos de ellos son sarampión, influenza y *Mycobacterium tuberculosis* entre. Altas cargas virales del coronavirus SARS-CoV-2 se han detectado en fluidos orales de pacientes positivos, así como de asintomáticos. Las gotas más grandes se asocian con una situación cercana de transferencia directa del virus o transmisión por fómites. Una vez en el aire, las gotas de menor tamaño producidas por cualquier proceso que implique abrir la boca de las personas (hablar, toser, estornudar, bostezar) se deshidratan rápidamente debido a la evaporación, lo cual disminuye el tamaño y frena su caída.

La distancia a la que viajan las gotas lateralmente desde la boca durante su trayectoria descendente está dominada por el volumen total y velocidad de flujo del aire exhalado. La velocidad del flujo varía con la fonación, mientras que el volumen total y el recuento de gotas aumentan con el volumen. Por tanto, en un entorno de aire estancado, núcleos de gotitas generados al hablar persistirán como una nube que desciende lentamente, la cual emana de la boca de la persona, la velocidad de descenso estará determinada por el diámetro de los núcleos de las gotitas de habla deshidratadas. Para el SARS-CoV-2, con un promedio de líquido oral diseminado, la carga de ARN del virus de 7×10^6 copias por mililitro (máximo 2.35×10^9 copias por mililitro), una gota de $50 \mu\text{m}$ de diámetro antes de la deshidratación, contiene

al menos un virión de ~37%. Para una gota de 10 μm , se reduce a 0.37% la probabilidad de que contenga más de un virión y se genera a partir de una distribución homogénea del líquido de la vía oral. Por lo tanto, las gotitas en el aire representan un riesgo significativo.¹⁴

Las infecciones respiratorias ocurren por la transmisión de virus que contienen gotitas (>5 a 10 μm) y aerosoles ($\leq 5 \mu\text{m}$) de personas infectadas. Buena parte de la propagación de covid-19 está ocurriendo mediante la transmisión aérea de aerosoles producidos por personas tanto sintomáticas como asintomáticas cuando respiran, tosen, estornudan, fuman, bostezan y/o hablan. Los aerosoles infecciosos se pueden acumular y permanecer en interiores durante horas, de manera que pueden inhalarse fácilmente.⁹

Asimismo, los aerosoles pueden permanecer en el aire durante horas, acumularse con el tiempo y seguir los flujos de aire a distancias superiores a 1.8 metros.^{15,16}

En ambientes al aire libre, numerosos factores determinarán las concentraciones, la distancia recorrida, y si los virus respiratorios siguen siendo infecciosos en aerosoles. Las brisas y los vientos pueden transportar gotitas infecciosas y aerosoles a distancias largas. Las personas asintomáticas que hablan mientras hacen ejercicio pueden liberar aerosoles infecciosos que pueden ser recogidos por las corrientes de aire.¹⁶

Es posible que los virus respiratorios permanezcan en el aire durante períodos prolongados antes de ser inhalados por algún huésped potencial. La distancia a la que se huele el humo del cigarrillo de un fumador indica la distancia en ese entorno a la que se pueden inhalar aerosoles infecciosos. En una habitación cerrada con personas asintomáticas, las concentraciones de aerosoles infecciosos pueden aumentar con el tiempo. En general, la probabilidad de infectarse en interiores dependerá de la cantidad total de SARS-CoV-2 inhalado, así como la calidad de la ventilación y el número de personas.¹⁶

Por esta razón es importante usar mascarillas en interiores, incluso cuando estén separadas por 1.8 metros. La transmisión aérea podría explicar, en parte, las altas tasas de transmisión secundaria al personal médico, así como los brotes importantes en los centros hospitalarios.¹⁷

El ser humano produce gotitas respiratorias que van desde 0.1 hasta 1 000 μm , ciertos factores como tamaño de la gota, inercia, humedad, temperatura, gravedad y evaporación determinan la distancia de las gotitas y aerosoles que viajarán en el aire. Las gotas respiratorias más grandes tendrán un asentamiento gravitacional más rápido, luego se evaporan y quedan en las superficies contaminándolas, esto genera un alto potencial de transmisión por contacto. Por otro lado, las gotas más pequeñas y los aerosoles se evaporarán más rápido ya que, al permanecer flotantes, pueden verse afectados por corrientes de aire que pueden transportarlos a distancias más largas.

El tamaño promedio de los núcleos de las gotas es de 0.58-5.42 μm , y 82% de los núcleos de las gotas se centran en 0.74-2.12 μm . La distribución del tamaño promedio total de las gotas expulsadas al toser fue de 0.62-15.9 μm .^{9,18}

La tos y los estornudos crean gotas respiratorias de tamaño variable que propagan infecciones virales respiratorias. Debido a que estas gotas se expulsan con fuerza, se dispersan en el ambiente y pueden ser inhaladas por algún

huésped susceptible. Mientras que la mayoría de las gotas respiratorias son filtradas por la nariz o el depósito en la orofaringe, los núcleos de gotas más pequeños se suspenden en el aire de la habitación y las personas más alejadas del paciente pueden inhalarlos.¹⁹

Las mediciones actuales muestran que tanto la tos como los estornudos intensos que impulsan gotas más grandes a más de seis metros, también pueden crear miles de aerosoles que pueden viajar aún más lejos.²⁰

Estas finas partículas son transportadas por corrientes de aire hacia los pulmones, y el sitio donde se depositen depende de su tamaño y forma que se rigen por diversos mecanismos. Son necesarias las medidas de protección adecuadas para prevenir la transmisión del virus en diversos entornos.¹⁹

Estimaciones promedio para carga viral de SARS-CoV-2 indican que un minuto hablando en voz alta puede generar > 1 000 viriones contenidos en aerosoles.⁹

El modelo de dicotomía de gotas grandes vs. gotas pequeñas se encuentra en el centro de los sistemas de clasificación de las vías de transmisión de enfermedades respiratorias adoptada por la Organización Mundial de la Salud (oms), además de otras agencias como los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (cdc). La vida útil de una gota podría extenderse considerablemente desde una fracción de segundo a minutos. Las gotas pueden ser impulsadas mucho más lejos que si fueran emitidas de manera aislada, pueden viajar de siete a ocho metros. Es importante destacar que el rango de todas las gotas, grandes y pequeñas, se amplía por su interacción y atrapamiento dentro de una nube gaseosa turbulenta multifásica que se forma cuando la persona tose o estornuda, en comparación con el modelo de la gota dicotomizada comúnmente aceptado, la cual no tiene la posibilidad de una nube de gas cálido y húmedo. A lo largo de su trayectoria, las gotas de todos los tamaños se asientan o se evaporan a velocidades que dependen no sólo de su tamaño, sino también del grado de turbulencia y la velocidad de la nube de gas, junto con las propiedades del medio ambiente (temperatura, humedad y flujo de aire). Ciertas gotas se depositan a lo largo de su trayectoria, con el riesgo de contaminar superficies, mientras que otras permanecerán atrapadas y agrupadas en el movimiento de la nube, la mayoría de las gotas pierden impulso y coherencia, las restantes dentro de la nube se pueden evaporar produciendo residuos o núcleos de gotitas que pueden permanecer suspendidos en el aire durante horas, siguiendo los patrones de flujo de aire. El grado y la velocidad de evaporación dependen en gran medida de la temperatura ambiente, así como de la dinámica interna de la nube, junto con la composición del líquido exhalado por el paciente. Dada la dinámica del modelo de la nube turbulenta, las recomendaciones para la sana distancia de uno a dos metros pueden subestimar la distancia, la escala de tiempo y la persistencia sobre la que la nube y su carga patógena viajan. Por esta y otras razones, el uso de equipo de protección personal adecuado es de vital importancia para el cuidado del personal de salud, principalmente los trabajadores que atienden a pacientes tanto sospechosos como confirmados por SARS-CoV-2, incluso si están a más de dos metros de distancia del paciente.²¹

Al ingresar a la cavidad nasal/oral, las partículas se depositan por impacto, mezcla turbulenta, sedimentación y movimiento browniano, dependiendo de su tamaño. Las

partículas de más de $5\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico tienen más probabilidades de depositarse por impacto en la orofaringe y ser tragadas, mientras que las partículas menores de $5\text{ }\mu\text{m}$ tienen el mayor potencial de depositarse en los pulmones. Las partículas de entre 4 y $5\text{ }\mu\text{m}$ se depositan principalmente en las vías respiratorias bronquiales/conductoras, en tanto que las partículas más pequeñas permanecen suspendidas en la corriente de aire y penetran en las vías respiratorias periféricas y los alvéolos. En la periferia pulmonar, una reducción significativa en la velocidad del flujo de aire permite que las partículas se depositen predominantemente por sedimentación, y la gravedad hace que "lluevan" y se depositen. La mayoría de las partículas de entre 0.1 y $1\text{ }\mu\text{m}$ se difunden por el movimiento browniano y se depositan cuando chocan con la pared de la vía aérea. Cuanto mayor sea el tiempo de residencia en las vías aéreas periféricas más pequeñas, mayor será el asentamiento de los procesos de sedimentación y movimiento browniano. Las partículas inhaladas que no se depositan, se exhalan.¹⁹

Johnson y colaboradores estudiaron el mecanismo del aerosol respiratorio analizando la distribución del tamaño del aerosol en el aire exhalado en una respiración normal, en diversas formas de contener la respiración, en la inhalación y en la exhalación. Descubrieron que la exhalación profunda producía un aumento de seis veces en la concentración e inhalación rápida, con un aumento adicional de dos a tres veces en la concentración, mientras que la exhalación rápida tuvo poco efecto sobre la concentración medida.¹⁸

El equipo de Xie realizó experimentos en el número y el tamaño de las gotitas respiratorias producidas por la boca de personas sanas durante la conversación y mientras tosen. Encontraron una considerable variabilidad producida por los participantes, con un tamaño medio de gotas de alrededor de 50 a $100\text{ }\mu\text{m}$.²²

Zhu y colaboradores investigaron la infección por SARS a través de gotitas de saliva contenidas en el reflejo de la tos, concluyeron que la infección puede ocurrir cuando se está en contacto cercano con pacientes con SARS.²³

Por su parte, Wang y sus colegas también afirmaron que las gotas podrían actuar como portadoras del SARS en el aire cuando se liberan de una persona infectada al respirar, toser o estornudar. Desarrollaron un modelo para investigar el efecto de la humedad relativa en el movimiento de estas gotas en el aire y encontraron que una mayor humedad relativa podría hacer que las gotas se evaporen con menos rapidez y, por lo tanto, que caigan más rápido y disminuyan la probabilidad de que dichas gotas infectantes se inhalen.²⁴

Zhu y colaboradores analizaron a personas durante cada acceso de tos, más de 6.7 mg de saliva se expulsa a velocidades de hasta 22 m/seg , las gotas de saliva pueden viajar más lejos de 2 metros. El movimiento de gotas de $30\text{ }\mu\text{m}$ o menos fue impulsado principalmente por patrones de flujo de aire, en lugar de que intervenga la gravedad, debido a su pequeño tamaño. Gotas de 50 a $200\text{ }\mu\text{m}$ cayeron a medida que el campo de flujo se debilitaba, y las gotas más grandes de $300\text{ }\mu\text{m}$ y más se vieron más afectadas por la inercia que por la gravedad y no cayeron tan rápido.²³

La mayoría de las gotitas respiratorias caen y alcanzan el piso y/o se evaporan antes de haber recorrido una distancia de 1.5 m , la cual se determinó como la distancia social recomendada, también conocida como "sana distan-

cia". Sin embargo, las microgotas tienen muy poca inercia, y cuando dos personas caminan o corren cerca de los demás, incluso a 1.5 m de distancia, debido a los patrones de flujo de aire y los movimientos de las personas, estas microgotas podrían transferirse de la persona A a la persona B por los patrones de flujo de aire generados por el movimiento de personas. La propagación de gotitas de una persona a otra se produce cuando ambas caminan rápido, corren o realizan ejercicios al aire libre.²⁵

La dinámica de las nubes de gas turbulento debe influir en el diseño y uso recomendado de mascarillas. La eficacia protectora de las mascarillas N95 depende de su capacidad para filtrar el aire entrante de los núcleos de gotas en aerosol. Sin embargo, estas mascarillas sólo están diseñadas para un cierto rango en condiciones ambientales, locales y una duración limitada de uso. La eficacia como control de la fuente depende de la capacidad de la mascarilla para atrapar o alterar la emisión de la nube de gas de alto impulso con su carga patógena.

Las velocidades máximas de exhalación pueden alcanzar de 10 a 30 metros por segundo, creando una nube que se puede extender aproximadamente de siete a ocho metros. Las mascarillas, así como otros equipos de protección, deben tener la capacidad para resistir repetidamente la nube de gas turbulento multifásico de alto impulso que puede ser expulsado durante un estornudo o la tos de un paciente y la exposición de estos últimos. Es necesario comprender la biofísica de las vías respiratorias de un huésped, la fisiología, patogenia y diseminación epidemiológica de la enfermedad.²¹

En un estudio realizado por Feldman y colaboradores con marcadores fluorescentes para detectar la dispersión de gotas generadas por procedimientos que propagan aerosoles, se llegó a la conclusión de que incluso con el equipo de protección personal se encontraron restos de gotas en la piel, el cabello y los zapatos sin cubrir de los participantes después de las simulaciones en el departamento de urgencias posterior al manejo de pacientes. Dichos hallazgos sugieren que las recomendaciones actuales para el EPP pueden no prevenir completamente las exposiciones. Se deben utilizar ciertos accesorios que cubran toda la piel, esto puede disminuir aún más el riesgo de exposición, tales accesorios son escafandras y cubrezapatos desechables.^{26,27}

Las superficies contaminadas por SARS-CoV-2 pueden ser una fuente potencial de transmisión a otras personas que tocan el mismo objeto o superficie y luego se llevan las manos a la boca, la nariz o los ojos. Para la transmisión por contacto, una persona infectada puede transferir secreciones respiratorias cargadas de virus por contacto físico directo o indirecto. Si una persona infectada estornuda o tose y deposita gotas o si tiene el virus en sus manos al tocarse la cara o sonarse la nariz y luego toca un objeto o superficie, ese objeto o superficie sirve como depósito para el contagio. Cuando otro individuo toca el mismo objeto o superficie que tiene el virus y luego toca su boca, nariz u ojos, el virus se transmite a estas superficies mucosas. La transmisión por el aire ocurre cuando las gotitas respiratorias finas cargadas de virus permanecen viables en el medio ambiente y son inhaladas por alguna persona susceptible. Esta transmisión puede ocurrir directamente por inhalación de gotas finas expulsadas de una persona infectada o durante los procedimientos de

generación de aerosol en un individuo infectado. Los núcleos de gotas más grandes que se depositan en el aire pueden resuspenderse potencialmente después de que su tamaño disminuya debido a la evaporación, en combinación con una actividad generadora de aerosoles, como hacer una cama o quitarse el equipo de protección personal.¹⁹

Propagación de partículas en el aire del SARS-CoV-2

En el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2), es posible que los aerosoles que contienen virus submicrónicos se estén transfiriendo profundamente a la región alveolar de los pulmones, donde las respuestas inmunitarias parecen estar temporalmente sobrepasadas. Se ha demostrado que el SARS-CoV-2 se replica tres veces más rápido que el SARS-CoV-1 y, por lo tanto, puede extenderse rápidamente a la faringe, desde donde puede desprenderse antes de que la respuesta inmune innata se active y produzca síntomas. Para cuando aparecen los síntomas, el paciente ha transmitido el virus sin saberlo. Identificar a las personas infectadas para frenar la transmisión del SARS-CoV-2 es más difícil en comparación con el SARS y otros virus respiratorios porque las personas infectadas pueden ser altamente contagiosas durante varios días, alcanzando su punto máximo en o antes de que ocurran los síntomas. Estos "desprendimientos silenciosos" podrían ser factores críticos de la mayor propagación del SARS-CoV-2. En un estudio en hospitales en Wuhan, China, se encontró SARS-CoV-2 en aerosoles a más de 1.8 metros de los pacientes, con concentraciones más altas detectadas en áreas más concurridas. Las estimaciones que utilizan una carga viral de esputo promedio para el SARS-CoV-2 indican que un minuto de hablar en voz alta podría generar más de 1 000 aerosoles que contienen viriones. Suponiendo títulos virales para superemisores infectados (con una carga viral 100 veces mayor que la media), se obtiene un aumento de más de 100 mil viriones en gotitas emitidas por minuto de habla. En aire en calma, una gota de 100 μm se depositará en el suelo desde 8 pies en 4.6 segundos, mientras que una partícula de aerosol de 1 μm tardará 12.4 horas.¹⁷

Las partículas virales del SARS-CoV-1, SARS-CoV-2 y MERS-CoV son estables en muestras transportadas por el aire, pero el SARS-CoV-2 persiste durante más tiempo (hasta 16 horas).²⁸

Algunos estudios han confirmado que el SARS-CoV-2 se derrama en lágrimas, aunque con una baja incidencia. Las lágrimas pueden ser una fuente potencial de infección al principio de la enfermedad, la conjuntiva puede sostener la replicación viral durante un periodo prolongado. Recomendamos informar a los pacientes sobre la posibilidad de transmisión ocular de SARS-CoV-2. Por esta razón se aconseja el uso de mascarillas N95, *goggles* y careta para el personal de salud que brinda atención oftálmica a los pacientes potencialmente infectados con SARS-CoV-2.

El SARS-CoV-2 se transmite principalmente a través de las vías respiratorias; pero en cuanto a la transmisión por aerosol es importante destacar que el ojo puede represen-

tar una fuente de transmisión a través de lágrimas infectadas, así como una ventana para la infección a través de gotitas respiratorias o partículas aerosolizadas que entran en contacto con la conjuntiva.²⁹

El SARS-CoV-2 se puede inactivar por la radiación ultravioleta de la luz solar y es probable que sea sensible a la temperatura ambiente y la humedad relativa, así como a la presencia de aerosoles atmosféricos que se producen en áreas altamente contaminadas. Los virus pueden adherirse a otras partículas como el polvo y la contaminación, lo que puede modificar las características aerodinámicas y aumentar la dispersión. Además, se ha demostrado que las personas que viven en áreas con concentraciones más altas de contaminación del aire tienen una mayor infección por COVID-19.³⁰

Discusión

La transmisión de virus por aerosoles se debe reconocer como un factor clave que conduce a la propagación de enfermedades respiratorias infecciosas. La evidencia sugiere que el SARS-CoV-2 se está propagando silenciosamente en aerosoles exhalados por personas infectadas altamente contagiosas sin síntomas. Debido a su tamaño, los aerosoles pueden provocar un mayor número de casos por COVID-19, ya que los aerosoles que contienen virus penetran más profundamente en los pulmones. Se necesita un enfoque multidisciplinario para abordar una amplia gama de factores que conducen a la producción y transmisión aérea de virus respiratorios, incluido el título de virus mínimo requerido para causar COVID-19; carga viral emitida en función del tamaño de la gota antes, durante y después de la infección; viabilidad del virus en interiores y exteriores; mecanismos de transmisión; concentraciones en el aire; así como patrones espaciales. También se necesitan más estudios sobre la eficacia de filtrado de diferentes tipos de mascarillas. El COVID-19 ha inspirado investigaciones que ya están conduciendo a una mejor comprensión de la importancia de la transmisión aérea de enfermedades respiratorias.

Conclusión

Tanto el COVID-19 como otras enfermedades emergentes y reemergentes destacan la necesidad de comprender mejor la dinámica de la transmisión de enfermedades respiratorias, caracterizando mejor rutas de transmisión, papel de la fisiología del paciente y mejores enfoques para el control de la fuente, con el objetivo de mejorar especialmente la protección del personal de salud, que son quienes tienen la mayor exposición en primera línea, así como a la población en general, sobre todo a los más vulnerables.

A la memoria de todo el personal de salud caído en la pandemia por COVID-19.

Referencias

1. Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos, "Protocolo de bioseguridad y biocustodia para el manejo de pacientes durante la toma de muestras de casos probables por enfermedad por 2019-ncov", 2020, México, Secretaría de Salud.
2. Dirección de Prestaciones Médicas, Instituto Mexicano del Seguro Social, "covid-19, toma de muestras ante un caso sospechoso", documento interno institucional, 2020.
3. Dirección de Prestaciones Médicas, Instituto Mexicano del Seguro Social, "Toma, manejo y envío de muestras para diagnóstico por laboratorio de covid-19", documento interno institucional, 2020.
4. Dirección de Prestaciones Médicas, Unidad de Atención Médica, División de Programas de Enfermería, Instituto Mexicano del Seguro Social, "Prevención y control de SARS-cov-2. Uso de Equipo de Protección Personal", documento interno institucional.
5. Porras Hernández, Juan Domingo, "Código de vestimenta hospitalaria ante covid versión 1.1", Hospital para el Niño Poblano, 2020.
6. Dirección General de Calidad y Educación en Salud, Secretaría de Salud, "Definición de equipo de protección personal (EPP) y acciones para aumentar su eficiencia", documento interno institucional, 2020.
7. Dirección General de Calidad y Educación en Salud, Secretaría de Salud, "Criterios y especificaciones para el uso del EPP", documento interno institucional, 2020.
8. Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia, "Lineamientos para kit de elementos mínimos de protección para personal de la salud", 2020.
9. Prather, K., Wang, C. y Schooley, R., "Reducing transmission of SARS-cov-2", *Science*, 2020, 368 (6498): 1422-1424.
10. Leung, N., Chu, D., Shiu, E., Chan, K., McDevitt, J. et al., "Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks", *Nat Med*, 2020, 26: 676-680.
11. Chan, J., Yuan, S., Zhang, A., Kwok-Man, V., Chan, C. et al., "Surgical mask partition reduces the risk of non-contact transmission in a golden Syrian hamster model for coronavirus disease 2019 (covid-19)", *Clin Infect Dis*, 2020, 644.
12. Konda, A., Prakash, A., Moss, G., Schmoldt, M., Grant, G. et al., "Aerosol filtration efficiency of common fabrics used in respiratory cloth masks", *ACS Nano*, 2020, 14 (5): 6339-6347.
13. Smith, J., MacDougall, C., Johnstone, J., Copes, R., Schwartz, B. et al., "Effectiveness of N95 respirators versus surgical masks in protecting health care workers from acute respiratory infection: a systematic review and meta-analysis", *CMAJ*, 2016, 188 (8): 567-574.
14. Stadnytskyia, V., Baxb, C., Baxa, A. y Anfinrud, P., "The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-cov-2 transmission", *PNAS*, 2020, 117 (22): 11875-11877.
15. Mittal, R., Ni, R. y Seo, J., "The flow physics of covid-19", *Fluid Mech*, 2020, 894: 1-3.
16. Buonanno, G., Stabile, L. y Morawska, L., "Estimation of airborne viral emission: quanta emission rate of SARS-cov-2 for infection risk assessment", *Environ Int*, 2020, 141: 105794.
17. Tellier, R., Li, Y., Cowling, B. y Tang, J., "Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary", *BMC Infect Dis*, 2019, 19 (101): 2-9.
18. Johnson, G. y Morawska, L., "The mechanism of breath aerosol formation", *J Aer Med Pul D Del*, 2009, 22 (3): 229-237.
19. Dhand, R. y Li, J., "Coughs and sneezes: their role in transmission of respiratory viral infections, including SARS-cov-2", *Am J Respir Crit Care Med*, 2020, 202 (5): 651-659.
20. Morawska, L. y Cao, J., "Airborne transmission of SARS-cov-2: the world should face the reality", *Environ Int*, 2020, 139: 105730.
21. Bourouiba, L., "Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions potential implications for reducing transmission of covid-19", *JAMA*, 2020, 323 (18): 1837-1838.
22. Xie, X., Li, Y., Sun, H. y Liu, L., "Exhaled droplets due to talking and coughing", *J R Soc Interface*, 2009, 6: 703-714.
23. Zhu, S., Kato, S. y Yang, J., "Investigation of SARS infection via droplets of coughed saliva", *Built Environment and Public Health*, Proceedings, 2nd International Conference on Built Environment and Public Health, 2004, 341-354.
24. Wang, B., Zhang, A., Sun, J., Liu, Y., Hu, J. et al., "Study of SARS transmission via liquid droplets in air", *Journal of Biomechanical Engineering-Transactions of the ASME*, 2005, 127 (1): 32-38.
25. Blocken, B., Malizia, F., Van Druenen, T. y Marchal, T., "Towards aerodynamically equivalent covid-19 1.5 m social distancing for walking and running". Disponible en: https://www.seen.es/ModulGEX/workspace/publico/modulos/web/docs/apartados/1366/130520_094154_1570697731.pdf Consultado: 21/01/21.
26. Feldman, O., Meir, M., Shavit, D., Idelman, R. y Shavit, I., "Exposure to a surrogate measure of contamination from simulated patients by emergency department personnel wearing personal protective equipment", *JAMA*, 2020, 323 (20): 2091-2093.
27. Xiang, S., Kim, Y., Sutjipto, S., Ying, P., Edward, B. et al., "Absence of contamination of personal protective equipment (PPE) by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-cov-2) infection control & hospital epidemiology", *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2020, 41 (5): 614-616.
28. Jones, N., Qureshi, Z., Temple, R., Larwood, J., Greenhalgh et al., "Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19?", *BMJ*, 2020, 370: m3223.
29. Dockery, D., Rowe, S., Murphy, M. y Krystolik, M., "The ocular manifestations and transmission of covid-19: recommendations for prevention", *Jemermmed*, 2020, 04 (60): 1-4.
30. Conticini, E., Frediani, B. y Caro, D., "Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-cov-2 lethality in Northern Italy?", *Environ Pollut*, 2020, 261: 114465.