



<https://doi.org/10.24245/mim.v37i6.5340>

## Cubre bocas y respiradores. Alternativas para los trabajadores de la salud en la pandemia de COVID-19

### Face masks and respirators. Choices for health workers in COVID-19 pandemics.

José Alfonso Ramírez-Guerrero

#### Resumen

La pandemia de COVID-19 ha repercutido de manera importante entre los trabajadores de la salud, derivado, entre otros factores, de la carencia de equipo de protección personal adecuado, sobre todo de cubrebocas médicos y respiradores. En este trabajo se revisan la formas de transmisión, donde debe reconocerse que la principal vía de contagios es a través de aerosoles, micropartículas menores a 60-100 micras que se exhalan durante la realización de un procedimiento generador de aerosol y también con la tos, estornudos o el habla y que son capaces de permanecer flotando por tiempo prolongado en espacios cerrados. Mientras que los respiradores purificadores de aire N95 son los indicados para el cuidado de los pacientes con diagnóstico o sospecha de COVID-19 por ofrecer mayor protección contra los aerosoles, éstos no siempre están disponibles por su escasez debido a su elevado consumo en todo el mundo. En esta revisión se analizan las alternativas más adecuadas ante la crisis de desabasto tratando de dar prioridad a aquellos hechos de materiales con alta eficacia filtrante y un sellado facial adecuado para evitar fugas. La aparición de nuevas variedades más contagiosas del virus SARS-CoV-2 debe obligar a todos los trabajadores de la salud a usar en todo momento en el entorno hospitalario los respiradores o cubrebocas médicos con mayor eficacia y no solo durante la realización de un procedimiento generador de aerosol.

**PALABRAS CLAVE:** COVID-19; SARS-CoV-2; trabajadores de la salud; equipo de protección personal; cubrebocas; respiradores; aerosol.

#### Abstract

COVID-19 has had a significant impact on the health care workers derived, among other factors, due to the lack of adequate personal protection equipment, especially face masks and respirators. The forms of transmission are reviewed, taking into consideration that the main route of infections is through aerosols, microparticles smaller than 60-100 microns that are exhaled during aerosol generating procedures (AGP) or even through coughing, sneezing or speaking; and that these forms of transmission are capable of remaining floating for prolonged periods of time in closed spaces. Although the N95 are indicated for the care of patients diagnosed or suspected of COVID-19 because they offer greater protection against aerosols, they are not always available due to their scarcity derived from their high consumption worldwide. In this review the most appropriate alternatives for the shortage crisis are analyzed, trying to prioritize those who have access to materials with filtering efficiency and face sealing to avoid leaks. The appearance of new and more contagious varieties of the virus should obligate all health care workers to always use respirators or medical face masks with greater efficiency within the hospital environment and not only during aerosol generating procedures.

**KEYWORDS:** COVID-19; SARS-CoV-2; Health care workers; Personal protection equipment; Face masks; Respirators; Aerosol.

Anestesiólogo, Hospital Médica Sur, Ciudad de México.

**Recibido:** 14 de febrero 2021

**Aceptado:** 10 de marzo 2021

#### Correspondencia

José Alfonso Ramírez Guerrero  
alfonsodoc@yahoo.com.mx

#### Este artículo debe citarse como:

Ramírez-Guerrero JA. Cubrebocas y respiradores. Alternativas para los trabajadores de la salud en la pandemia de COVID-19. Med Int Méx. 2021; 37 (6): 1030-1044.



## ANTECEDENTES

El COVID-19 fue declarado una pandemia por la Organización Mundial de la Salud el 11 de marzo de 2020 después de haberse identificado más de 118 mil casos en 114 países.<sup>1</sup> Para la atención de los pacientes, los trabajadores de la salud han tenido que enfrentarse en muchas ocasiones con limitaciones para obtener un equipo de protección personal en cantidad y calidad suficientes. Durante la pandemia del síndrome agudo respiratorio severo (SARS) en 2003 los trabajadores de la salud fueron un grupo de alto riesgo de contagio ya que hasta el 21% del total de casos (1706/8096) correspondieron a este grupo. Los trabajadores de la salud también han sido seriamente afectados durante la pandemia de COVID-19. En enero de 2020 un hospital de Wuhan, China, reportó 138 casos de COVID-19 de los que el 29% eran trabajadores de la salud que fueron infectados en el hospital. Para febrero 11 de 2020 ya había 1716 trabajadores de la salud infectados en China. En el mundo, la incidencia de infección entre los trabajadores de la salud de SARS-CoV-2 (por PCR) va del 0.4 al 49% y la seropositividad es del 1.6 al 31%.<sup>2</sup> La necesidad de hospitalización es del 0 al 14.4%, los casos graves ocurren en el 0.7 al 10.2% y la mortalidad es del 0 al 0.7%.

En México para el 1 de junio de 2020<sup>3</sup> había reportados 11,394 trabajadores de la salud infectados y 149 decesos (1.3%), cifras superiores a las reportadas en Estados Unidos (27 decesos de 9282 [0.29%]), Italia con 73 fallecidos de 11,000 infectados (0.66%), Brasil (150 de 16,600, 0.9%) o España (29 de 25,000, 0.11%). Para el mes de septiembre de 2020, de 7000 trabajadores de la salud fallecidos en todo el mundo, 1320 eran mexicanos.<sup>4</sup> Es muy probable que en esto haya influido la falta de equipo de protección personal adecuado y de capacitación.

Una revisión de la epidemiología y de los factores de riesgo concluyó que los trabajadores de la

salud representan una proporción significativa de las infecciones por coronavirus y particularmente si no portan equipos de protección personal (EPP) adecuados. Existe clara evidencia de que el uso de EPP disminuye el riesgo de infecciones, la asociación es más consistente con el uso de mascarillas (y en menor grado con guantes, batas, protección ocular y lavado de manos) y, sobre todo, en PGE.<sup>5</sup> El **Cuadro 1** muestra el incremento del riesgo de transmisión por SARS que, al igual que SARS-CoV-2, es predominantemente por aerosoles.

Aunque ya existen vacunas para tratar de prevenir la infección, existen factores que hacen pensar que la pandemia aún llevará muchos meses en controlarse, lo que repercutirá en una persistente presión sobre los hospitales y mayor necesidad de EPP. Entre estos factores están la aparición de variantes más infecciosas, como la B1.1.7,<sup>6</sup> que ha hecho que Anthony Fauci crea que el nivel de cobertura necesaria para lograr la inmunidad de rebaño deba extenderse a un

**Cuadro 1.** Procedimientos generadores de aerosoles y riesgo de transmisión de SARS

Procedimiento	Estimación agrupada de riesgos
Intubación orotraqueal	6.6
Succión antes de intubación	3.5
Succión después de intubación	1.3
Manipulación de mascarilla de O <sub>2</sub>	4.4
Broncoscopia	3.3
Ventilación no invasiva	3.1
Colocación de sonda nasogástrica	1.2
Compresión torácica (RCP)	1.4
Manipulación máscara de BiPAP	6.2

Tomado y modificado de: Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J (2012) Aerosol Generating Procedures and Risk of Transmission of Acute Respiratory Infections to Healthcare Workers: A Systematic Review. PLoS ONE 7(4): e35797. doi:10.1371/journal.pone.0035797.

80-85% de la población general<sup>7</sup> y no sea del 60-70% que originalmente se tenía calculado. Para México, eso implica una diferencia de millones de más personas por vacunar que se traduciría en más tiempo para lograr el control de la pandemia.

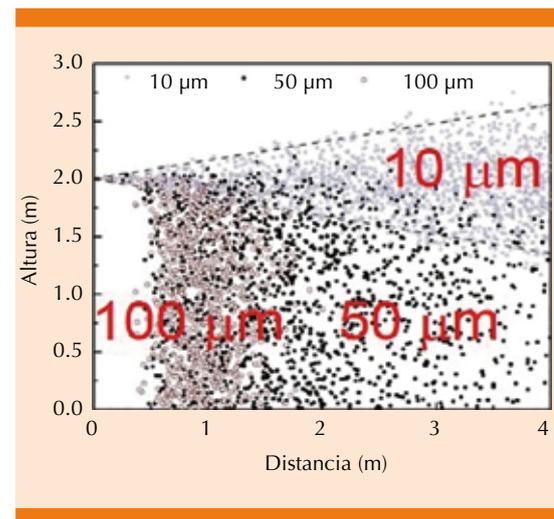
### VÍAS DE TRANSMISIÓN

Las formas confirmadas de transmisión incluyen gotas respiratorias, contacto directo (de persona a persona), contacto indirecto (vía fomites) y algunos reportes de vía fecal-oral. Sin embargo, las investigaciones más recientes sugieren que la vía de los fomites es menos importante pues el cultivo del SARS-CoV-2 en diferentes superficies ha sido infructuoso. La transmisión por aerosoles, aunque cada vez más evidente, no se ha confirmado por la Organización Mundial de la Salud. Con base en nuevas investigaciones sobre el comportamiento de los aerosoles,<sup>8</sup> se hizo un llamado por la comunidad científica a reconocer la importancia de los aerosoles como mecanismo principal de transmisión.<sup>9</sup>

En octubre de 2020, los *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) de Estados Unidos actualizaron sus guías y reconocieron que la transmisión por vía aérea puede ocurrir en circunstancias especiales que incluyen espacios cerrados, con ventilación inadecuada y exposición prolongada a eventos con respiraciones intensas, como pueden ser cantos y ejercicios.<sup>10</sup>

También han existido discusiones académicas sobre el tamaño que diferencia a los aerosoles de las gotas. Estudios de los años 1940-1950 dividieron a las secreciones respiratorias por su tamaño en gotas (aquéllas mayores a 5 micras) y en aerosoles (menores de 5 micras).<sup>11</sup> Estos trabajos sugieren que las gotas gravitan y se asientan a una distancia máxima de aproximadamente 2 metros. Con base en estas antiguas investigaciones las políticas de salud pública recomiendan la

separación física de 2 metros. Recientemente se demostró que las gotas respiratorias son emitidas al toser o estornudar y por su tamaño (mayor de 5 micras) recorren una distancia en general menor a 2 m, aunque algunos estudios han demostrado que viajan hasta 8 m.<sup>12</sup> Los aerosoles (exhalados durante la respiración), también llamados núcleos de gotas, son en general menores a 4 micras, con media de 0.7 a 1 micra.<sup>13</sup> Por su tamaño permanecen flotando hasta por 3 horas. Las gotas respiratorias con tamaño de 60-100 micras, aunque pueden viajar más de 6 m por un estornudo, generalmente caen dentro de 2 m. Según las condiciones ambientales, las partículas virales son envueltas por aerosoles y pueden viajar más de 2 m y permanecer flotando por varias horas, mucho más que las gotas respiratorias.<sup>13</sup> **Figura 1**



**Figura 1.** Distancia que recorren gotas y aerosoles. Las partículas que caen en un rango de 2 metros son 60-100 micras. Las partículas menores a 10 micras pueden permanecer flotando muchos minutos, las menores a 5 micras incluso horas, sobre todo en espacios cerrados no ventilados. Tomada de: Li Y. Exposure to expired infectious aerosols in proximity and distance. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2020 Airborne Transmission of SARS-CoV-2: Proceedings of a Workshop. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25958>.



Existían evidencias de la transmisión por aerosoles de otros virus respiratorios con características muy parecidas al SARS-CoV-2 que incluyen al SARS,<sup>14</sup> el síndrome respiratorio de oriente medio<sup>15</sup> y el virus de la influenza A.<sup>16</sup>

Posteriormente se publicaron evidencias en donde quedó demostrado que la vía predominante de transmisión del SARS-CoV-2 es la aérea a través de microgotas y aerosoles y, en menor proporción, por medio de fomites. Aunque inicialmente no aceptadas, han sido contundentes: se encontraron muestras del virus en los aires acondicionados de un hospital,<sup>17</sup> pero inicialmente se descartó al cuestionarse la infectividad del ARN viral. Cuando se aceptó la viabilidad del virus en el aire aún en ausencia de procedimiento generador de aerosol, se cuestionó la dosis infecciosa.<sup>18</sup> Los estudios de laboratorio con aerosoles inducidos experimentalmente han demostrado que el virus es viable en este medio hasta por 3 horas.<sup>19</sup> Las evidencias de la transmisión por aerosoles van más allá del entorno sanitario: se han demostrado dentro de autobuses,<sup>20</sup> restaurantes,<sup>21</sup> coros<sup>22</sup> y en un conjunto de departamentos, este último a través de aerosoles fecales diseminados por los extractores del aire acondicionado.<sup>23</sup>

Este retraso en reconocer el papel de los aerosoles en la transmisión del SARS-CoV-2 ha provocado inconsistencias en las recomendaciones respecto al nivel apropiado de precaución. Los CDC recomiendan precauciones contra la transmisión aérea cuando se está al cuidado de cualquier paciente conocido o con sospecha de COVID,<sup>24</sup> mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus guías de junio de 2020 recomendaban el uso de respiradores N95 (o equivalentes) solo durante la realización de PGE.<sup>25</sup> Las recomendaciones de la OMS se han modificado con el paso de la pandemia y el 1 de diciembre de 2020<sup>26</sup> aconsejó el uso de mascarillas como parte de un paquete integral

de medidas de prevención y control para limitar la diseminación del SARS-CoV-2. Según el tipo, las mascarillas pueden utilizarse para proteger a personas sanas o para prevenir la transmisión (control de fuente). En entornos sanitarios (el tema que nos ocupa) recomienda que los trabajadores de la salud den atención al COVID-19 presunto o confirmado con el siguiente tipo de mascarillas: deberá portar un CBM cuando no se exponga a procedimiento generador de aerosol. Los respiradores N95 o FFP2 o FFP3 deberán usarse con un procedimiento generador de aerosol. Si existe disponibilidad suficiente de estos respiradores y no hay escasez de recursos económicos, podrán usarse en el cuidado de todo paciente con COVID-19. Los CB con válvulas exhalatorias no deben usarse pues el aire exhalado no es filtrado.<sup>26</sup>

La aparición de nuevas variantes más contagiosas ha llevado incluso en Alemania<sup>27</sup> a recomendar el uso de N95 entre la población general, por lo que los médicos en el medio hospitalario en contacto con pacientes diagnosticados o sospechosos de COVID-19 también deberían hacerlo. Sin embargo, la demanda ha rebasado a la disponibilidad, por lo que en muchos lugares no se cuenta con el equipo de protección personal adecuado.

## CUBREBOCAS MÉDICOS

La OMS los define como mascarilla quirúrgica o de procedimientos que es plana o plisada y que se fija con cintas a la cabeza o por detrás de las orejas. Sus características de funcionamiento son analizadas de acuerdo con pruebas estandarizadas y logran un balance de alta filtración, adecuada respirabilidad y pueden ser resistentes a la penetración de líquidos.<sup>25</sup> En Estados Unidos para poder ser utilizados deben ser aprobados por la *American Society of Testing Materials* (ASTM) y los clasifica en tres niveles de acuerdo con su nivel de protección (**Cuadro 2**).<sup>28</sup> Las

**Cuadro 2.** Clasificación de los cubrebocas médicos

	ASTM nivel 1	ASTM nivel 2	ASTM nivel 3
Resistencia a líquidos, mmHg <sup>a</sup>	80	120	160
Eficiencia de filtración bacteriana <sup>b</sup>	> 95%	> 98%	> 98%
Eficiencia de filtración de partículas <sup>c</sup>	> 95%	> 98%	> 98%
Presión diferencial mmH <sub>2</sub> O/cm <sup>2d</sup>	< 4	< 5	< 5
Flamabilidad <sup>e</sup>	Clase 1	Clase 1	Clase 1

<sup>a</sup> Representa la resistencia a la penetración de líquidos a presión.

<sup>b</sup> Representa el porcentaje de bacterias filtradas de 1-5 micras.

<sup>c</sup> Representa el porcentaje de partículas filtradas de 0.1-10 micras.

<sup>d</sup> Representa la resistencia al flujo del aire, determina la resistencia a la respiración.

<sup>e</sup> Propagación de la flama del material de la máscara.

ASTM: *American Society of Testing Materials*.

Tomado de: <https://www.primed.ca/resources/astm-mask-protection-standards/>

pruebas de filtración a las que son sometidos son a base de aerosoles biológicos (bacterias) o esferas de látex de 0.1 micras con un flujo de aire de 28 L/min<sup>29</sup> que representa la respiración en reposo. El propósito del cubrebocas médico cuando es portado por los trabajadores de la salud es doble: proteger al portador de las gotas y aerosoles infecciosos de los pacientes y proteger al paciente de la contaminación por gotas que el trabajador de la salud pueda expulsar. Por su diseño no se adhieren a la piel y, por tanto, no sellan. Hay que considerar, además, que en nuestro medio hay muchos productos que no requieren autorización por parte de la Secretaría de Salud a través de la COFEPRIS para su importación,<sup>30</sup> por lo que existe gran variedad de modelos y marcas cuya eficiencia es dudosa (**Figura 2**). Como se muestra en la **Figura 2C**, ese cubrebocas médico es de 2 capas y con poros visibles a simple vista, mientras que el de la **Figura 2D** es de solo una capa y, como puede observarse, se transparentan las letras, por lo que la eficiencia para la filtración no es confiable.

## RESPIRADORES

Las mascarillas filtrantes (FFR por sus iniciales en inglés) son diseñadas para adherirse firmemente

a la piel y están reguladas para dar un determinado nivel de protección. La *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) da a cada clase de respirador un factor asignado de protección (**Cuadro 3**) (APF por sus iniciales en inglés) que indica cual es el nivel mínimo de protección que se espera de éste. Las FFR con filtros remueven las partículas y gotas del aire inhalado. Los filtros tienen grados variables de eficiencia de filtración (**Cuadro 4**) y pasan por pruebas de certificación establecidas por el *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) en las que se utilizan partículas de cloruro de sodio (para los filtros N) o de aceite (para los filtros R y P) con diámetro aerodinámico de 0.3 micras con un flujo de 85 L/min que representa una respiración moderadamente alta.<sup>31</sup> **Figura 3**

Los tipos más comunes de respiradores usados en el cuidado de la salud son los respiradores de careta filtrante y los respiradores purificadores de aire motorizado (PAPR).

1. Los respiradores purificadores de aire (APR por sus iniciales en inglés) funcionan al remover gases, vapores y aerosoles por medio del uso de filtros, canisters o cartuchos. Cuando se usan con la finalidad de proteger contra enfermedades de



**Figura 2.** Diferentes diseños de cubrebocas médicos. Cubrebocas médicos nivel ASTM 1 (A) y ASTM 3 (B). Tomada de: [www.products.halyardhealth.com](http://www.products.halyardhealth.com). C. Cubrebocas médico de dos capas. D. Cubrebocas médico de una capa. ASTM: American Society of Testing Materials.

**Cuadro 3.** Factor asignado de protección de acuerdo con la Occupational Safety and Health Administration

Tipo de respirador	Máscara de un cuarto	Media máscara	Máscara completa	Casco
Respirador purificador de aire	5	10	50	
Respirador purificador de aire con fuente independiente		50	1000	1000

Tomado de: Types of respiratory protection. In: Hospital Respiratory Protection Program Toolkit **Resources for Respirator Program Administrators. May 2015.** National Institute for Occupational Safety and Health, National Personal Protective Technology Laboratory (NIOSH-PPPTL).

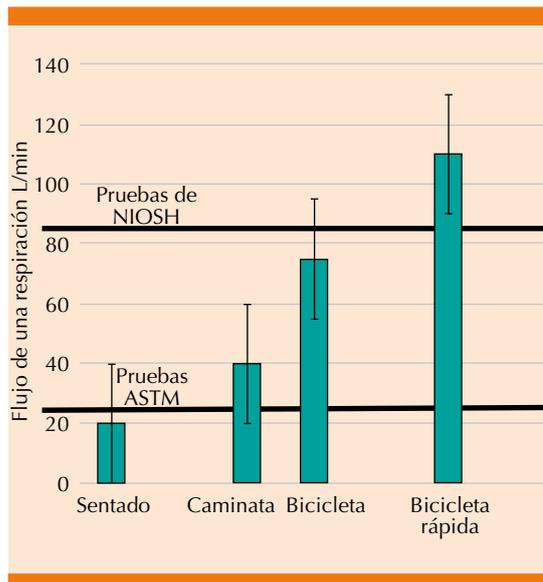
**Cuadro 4.** Clasificación de los filtros del National Institute for Occupational Safety and Health

Clase de filtro	Descripción
N 95	Filtra al menos 95% de las partículas aéreas. No resistente al aceite
N 99	Filtra al menos 99% de las partículas aéreas. No resistente al aceite
N 100	Filtra al menos 99.97% de las partículas aéreas. No resistente al aceite
R 95	Filtra al menos 95% de las partículas aéreas. Resistente al aceite
P 95	Filtra al menos 95% de las partículas aéreas. A prueba de aceite
P 100	Filtra al menos 99.97% de las partículas aéreas. A prueba de aceite

Tomado de: Types of respiratory protection. In: Hospital Respiratory Protection Program Toolkit **Resources for Respirator Program Administrators. May 2015.** National Institute for Occupational Safety and Health, National Personal Protective Technology Laboratory (NIOSH-PPPTL).

transmisión aérea deben tener una eficiencia superior al 95%. Estos respiradores purificadores de aire tienen una pieza facial que se adhiere a la cara que puede ser de media máscara (cubre la nariz y la boca) o máscara completa (cubre la nariz, la boca y los ojos) y son desechables (N95) o elastoméricos reutilizables con filtros o cartuchos reemplazables (**Figura 4**). Estos respiradores purificadores de aire son clasificados con letras que describen su resistencia al aceite y con un número de acuerdo con su eficiencia para la filtración (**Cuadro 4**). Un “respirador N95” es el término usado para referirse a una media máscara APR con un filtro aprobado por el NIOSH N95 y tiene un factor asignado de protección de 10.<sup>31</sup>

En otros países se han producido respiradores purificadores de aire similares que pueden considerarse equivalentes a los N95, ya que han sido probados por agencias reguladoras de cada país con pruebas muy parecidas a las del NIOSH.<sup>32</sup> **Cuadro 5**



**Figura 3.** Comparación de flujos usados por la ATSM y el *National Institute for Occupational Safety and Health* y su comparación con el flujo que se observa en algunas actividades comunes. Tomada de: webinar “Mask Design 101: A bootcamp for personal face coverings during COVID-19”, 17 de septiembre, 2020.

Idealmente, los FFR N95 deben desecharse después de cada encuentro con el paciente y después de procedimientos que generan aerosoles (considerando que son potencialmente fómites), cuando se dañan o deforman, cuando ya no se forma un sellado eficaz en la cara, cuando se mojan o se ensucian visiblemente, cuando la respiración se vuelve difícil, así como cuando se contaminan con sangre, secreciones respiratorias u otras secreciones corporales.<sup>33</sup>

2. Los respiradores con suministro de aire respirable limpio de una fuente independiente tienen un factor asignado de protección mayor (hasta de 1000). Éstos obtienen el aire desde un compresor o un cilindro presurizado y habitualmente son piezas faciales completas.<sup>31</sup> **Figura 4**

### LA CRISIS DE LOS CUBREBOCAS DURANTE LA PANDEMIA<sup>34</sup>

En 1998 el entonces presidente de Estados Unidos, Bill Clinton, quedó sorprendido de lo que podría ocurrir en el caso de una guerra biológica después de leer una novela, por lo que en ese año estableció lo que sería el Arsenal Nacional Estratégico (ANE) en donde podría haber almacenados grandes cantidades de medicamentos, vacunas, equipo de protección personal y ventiladores. El ANE desarrolló una cadena de almacenes distribuidos por todo Estados Unidos desde donde podría distribuirse hacia cualquier ciudad el material necesario en menos de 12 horas. En 2009 la administración de Obama usó 85 millones de cubrebocas médicos del ANE durante la pandemia del H1N1 sin reponerlos y la administración de Trump tampoco lo hizo a pesar de las advertencias de oficiales de salud pública que ante simulaciones de una pandemia tendrían una escasez desastrosa de equipo de protección personal. En marzo de 2020 los CDC calcularon que ante la pandemia de COVID-19, Estados Unidos necesitaría 3500 millones de N95 y que en ese momento tenían solo un 10%. El costo de cada N95 antes era de 65 centavos de dólar, pero con la llegada de la pandemia a Estados Unidos su precio se elevó hasta 10 veces. Con el cierre de las actividades económicas en China por la pandemia, un buen número de cubrebocas médicos importados desde allí ya no era posible, buscaron alternativas en otros países con distribuidores poco profesionales, por lo que no se lograba cubrir la demanda. Durante los primeros meses se lograron adquirir solo 5 millones de N95 y 122 millones de cubrebocas médicos, muy por debajo de lo necesario. La producción dentro de Estados Unidos por la fábrica 3M en 2019 había sido de 22 millones de N95 por mes. Para junio de 2020 producían 50 millones y esperaban para fines del año llegar a 95 millones al mes. Se generó una competencia de compradores dentro de Estados Unidos donde predominaban las grandes organi-



**Figura 4.** Ejemplos de respiradores purificadores de aire. **A.** Respirador de media cara, desechable, N95, modelo de concha. **B.** Respirador de media cara, desechable, N95, modelo trompa de pato. **C.** Respirador de media cara, elastomérico, reusable, con cartuchos. **D.** Respirador de cara completa, elastomérico, reusable. **E.** Respirador con suministro de aire limpio de fuente independiente.

**Cuadro 5.** Comparación entre respiradores de diferentes países

	N 95 NIOSH EU	FFP2 (EN 149-2001) Europa	KN 95 (GB2626-2006) China	P2 (AS/NZS 1716:2012) Australia	Korea 1st class (Corea KMOEL-2017-64)	DS Japón. JMHLW
Filtración	> 95%	> 94%	> 95%	> 94%	> 94%	> 95%
Flujo	85 L/min	95 L/min	85 L/min	95 L/min	95 L/min	85 L/min
Fuga total (*)	< 8%	< 8%	< 8%	< 8%	< 8%	< 8%
Resistencia a inhalación	< 343 Pa	< 240 Pa	< 350 Pa	< 240 Pa	< 240 Pa	< 50 Pa
Resistencia a exhalación	< 245 Pa	< 300 Pa	< 250 Pa	< 120 Pa	< 300 Pa	< 50 Pa

Filtración: el filtro es evaluado para medir la reducción en la concentración de aerosoles específicos en el aire que pasan a través del filtro.

\* Fuga total: cantidad de aerosol que entra por penetración del filtro o por fuga del sello facial.

Tomado y modificada de: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1793275O/3m-anz-2020-comparison-of-ffp2-kn95-and-n95-and-other-filtering-facepiece-respirator-classes.pdf>.

zaciones federales sobre las estatales y hospitales privados. Para agosto de 2020 una encuesta mostró que el 68% de las enfermeras estaba reusando los N95 por días o semanas, en violación a las guías de los CDC. Cuando se abrió la economía china, las fábricas empezaron la producción de KN95 (los equivalentes chinos de los N95, pero que no son regulados por el NIOSH ya que tienen sus propias regulaciones), con lo que los precios bajaron a 2 dólares por pieza. Aunque cada vez hubo mayor disponibilidad de N95 producidos dentro de Estados Unidos o importados de China, aún seguían quedándose cortos con los cálculos que los CDC habían hecho. Se tuvo que redefinir la nueva realidad: podrían usarse los N95 por más días, incluso semanas, aunque hubiera protestas de los defensores de los trabajadores de la salud.

Ante esta situación, han aparecido numerosos estudios que analizan estrategias ante situaciones de crisis como la provocada por la pandemia de COVID-19 y en este contexto, la FDA emitió la autorización para el uso de emergencia de la descontaminación de respiradores.

## ALTERNATIVAS

### Respiradores elastoméricos

Los estudios sobre el factor asignado de protección demuestran que los respiradores elastoméricos reusables ofrecen una mejor protección que los respiradores purificadores de aire desechables debido a su mejor capacidad de sellado a la piel y por usar filtros P100.<sup>35</sup> En este estudio se midieron las concentraciones dentro y fuera del factor asignado de protección de aerosoles de 10 a 400 nm y los autores demostraron una eficacia mayor con los elastoméricos con filtros P100.

Existen, además, posibles fugas aun con el uso de los N95. La superficie de sellado puede ser más susceptible a daño con los desechables que con

los elastoméricos reusables<sup>36</sup> y para asegurar un buen ajuste con los desechables el usuario necesita alterar manualmente el ajuste del respirador (con las correas elásticas o la varilla de metal maleable) cada vez que se coloca el respirador, lo que introduce más oportunidades de error<sup>36</sup> Los respiradores elastoméricos no tienen filtro de exhalación y necesitan ser limpiados después de cada uso. En caso de que lo vaya a utilizar otro usuario necesitará desinfectarse (en esta liga se encuentra un video de los CDC con más detalles sobre los cuidados: Elastomeric Respirators for U.S. Healthcare Delivery <https://www.youtube.com/watch?v=8wd5Bx2fVDI&list=FLx-1JmF0ls234uIQTshThvQ&index=2&t=1455s>).

## FACTORES DE PROTECCIÓN ASIGNADOS AUTORIZADOS POR EL NIOSH

Han aparecido en el mercado muchos modelos de factor asignado de protección importados de otros países, predominantemente orientales. Los CDC<sup>37</sup> tienen en su página una lista de los factores asignados de protección aprobados por el NIOSH.

Existen otros factores asignados de protección autorizados en el mercado y que no han sido aprobados por el NIOSH. En estudios de eficiencia varios de estos factores asignados de protección autorizados pero no aprobados han mostrado menor capacidad de filtración a los N95 aprobados por el NIOSH.<sup>38</sup> **Cuadro 5**

### Uso extendido y reuso

El uso extendido se refiere a la práctica de portar el mismo respirador N95 para encuentros repetidos con diferentes pacientes sin removerse el respirador entre cada encuentro. Para los CDC, el periodo máximo de uso extendido es de 8-12 horas.<sup>39</sup>

El reuso se refiere a la práctica de usar el mismo respirador N95 para múltiples encuentros, pero



retirándose después de cada caso, para volver a colocarlo con el siguiente caso. Los N95 visiblemente contaminados con sangre, secreciones respiratorias o cualquier otro líquido corporal, dañados (ruptura de las ligas de sujeción o la pieza metálica que lo adhiere a la nariz) o deformados deberán desecharse.<sup>33</sup>

Se prefiere el uso extendido ya que habrá menos contacto con el respirador y menos riesgo de transmisión por contacto. Para volver a utilizar el N95 éste debe descontaminarse y los métodos deben ser efectivos para inactivar al SARS-CoV-2 sin alterar la eficiencia de la filtración, un ajuste efectivo y no dejar residuos que pongan en riesgo al usuario. La descontaminación logra una reducción de > 3 log del 99.9% de inactivación y la esterilización > 6 log, el 99.9999% de inactivación.<sup>40</sup> Existen varias alternativas:

Tiempo: el número de días que deben transcurrir hasta que sea indetectable depende de la superficie, temperatura y humedad: a 22°C con 65% de humedad sobrevive 2 días en tela, 3-5 en vidrio y 7 en acero o plástico.<sup>41,42,43</sup> Se ha detectado hasta 7 días en cubrebocas médicos.<sup>41</sup> Después de retirarse el N95 se logra una reducción de 3 log a 22°C al cabo de 13 horas y una reducción de 6 log al pasar 26 horas. La exposición a la luz solar acelera la inactivación del virus SARS-CoV-2: en un medio de cultivo que simula la saliva se logró una inactivación del 90% del virus cada 7 minutos al ser expuesto a luz solar.<sup>44</sup>

Los CDC recomiendan que antes de usar técnicas de descontaminación, que cada trabajador de la salud tenga 5 respiradores N95 y los guarde a 22°C por 5-7 días antes de reusar<sup>33</sup> o, además de solo guardarlos, exponerlos a la luz solar puede ayudar a acelerar la inactivación del virus.

Hay varias técnicas que se han usado para la descontaminación y esterilización que se resu-

men en el **Cuadro 6**.<sup>45</sup> Los respiradores deben marcarse después de cada ciclo de descontaminación. Los respiradores N95 no se limpian, si llegan a mancharse con sangre o secreciones, deben desecharse.

En el caso de los respiradores elastoméricos, las pautas de OSHA implican quitar filtros (los filtros no deben mojarse), desarmar las máscaras, sumergir en detergente, fregar, sumergir en cloro o yodo desinfectante, enjuagar, secar y volver a montar.<sup>36</sup>

El número de veces que pueden reusarse los N95 es algo de reciente investigación ante la crisis actual por la carencia. Degesys<sup>46</sup> realizó pruebas de ajuste cualitativas en N95 3M con diseño de domo y en respiradores N95 con diseño de trompa de pato (marca Halyard). El resultado mostró que los N95 trompa de pato fallaron desde su primer uso a la prueba de ajuste en un 70%, por lo que este modelo de respirador no debería ser usado por los trabajadores de la salud. En los N95 con diseño de domo las pruebas de ajuste fallaron a medida que aumentaba el número de veces que se usaba: 0% en el primero, 8% en el segundo, 23% en el tercero y 66% con más de tres.

Maranhao<sup>47</sup> obtuvo resultados muy similares: las fallas en las pruebas de ajuste cualitativas fueron del 46% al cuarto día, 50% al día 10 y 55% al día 15. Es de llamar la atención que el 75% de los usuarios en quienes la prueba de sellado fallaba tenían la sensación subjetiva de que el N95 estaba bien ajustado.

El uso repetido de los N95 disminuye su eficiencia porque las correas de sujeción pueden debilitarse o estirarse después de cada colocación. Cada vez que se coloca o se quita un APRN95 la integridad de las correas puede verse afectada. Ponerse y quitarse repetidamente hará que las correas ya no puedan generar suficiente

**Cuadro 6.** Eficiencia de filtración (%EF) comparativa

Cubreboaca	Condición	Aprobado	Eficiencia de filtración, % (DE)
N95 3M	Nuevo	NIOSH	97.9 (0.5)
Cubreboacas médico con lazos	Nuevo	No	71.5 (5.5)
Cubreboacas médico con orejeras	Nuevo	No	38.1 (11.4)
Cubreboacas médico con orejeras y <i>fix the mask</i>	Nuevo	No	78.2 (3.3)
Cubreboacas médico BM con orejeras y media de nylon	Nuevo	No	80.2 (3.1)
Dasheng DTC-32 con lazos	Nuevo	NIOSH	99.2 (0.3)
Jia Hu Kang KN95 con orejeras	Nuevo	No	85.1 (2.2)
Guangdong Fei Fan	Nuevo	No	53.2 (6.8)
2 capas de nylon con orejeras	Nuevo	-	44.7 (6.5)
2 capas de nylon con orejeras con puente nasal de aluminio y <i>fix the mask</i>	Nuevo	-	74.4 (4.3)

Datos tomados de: Sickbert-Bennett E, Samet JM, Clapp PW, et al. Filtration Efficiency of Hospital Face Mask Alternatives Available for Use During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Intern Med* 2020; e204221. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.4221 (37).

Clapp P, Sickbert-Bennett EE, Samet JM, et al. Evaluation of cloth masks and modified procedure masks as personal protective equipment for the public during the COVID-19 pandemic. *JAMA Intern Med* Published online December 10, 2020.<sup>40</sup>  
 NIOSH: *National Institute for Occupational Safety and Health*.

fuerza para crear un sello hermético con la cara. El mal sellado resultante permitirá que el aire sin filtrar penetre entre el APRN95 y la zona de respiración del usuario. Aunque los CDC recomiendan usar un N95 no más de 5 veces, como hemos visto en los estudios de Degesys<sup>46</sup> y Maranhano,<sup>47</sup> lo más seguro sería un máximo de tres usos.

Los trabajadores de la salud que laboran en lugares de muy escasos recursos tienen un riesgo mayor por no contar con el equipo ideal. La OMS<sup>26</sup> ha sugerido que solo en esas circunstancias de tantas limitaciones pueden usarse opciones por debajo de lo que marcan los estándares, como son el uso de cubrebocas médico nivel II y III o, incluso, en situaciones extremas, cubrebocas de tela.

**Cubreboacas médicos**

El material de los cubrebocas médicos nivel 1 están certificados para tener una filtración bac-

teriana mínima y una eficiencia para la filtración de partículas de 0.1 micras mayor al 95%<sup>48</sup> que cubren el rango de los aerosoles de 5 a 10 micras, que son los considerados la ruta de transmisión del SARS-CoV-2.

La eficiencia de filtración del material con el que se hacen los cubrebocas médicos es variable.

Oberg<sup>49</sup> realizó pruebas en 9 cubrebocas médicos representativos de los frecuentemente usados en hospitales y consultorios dentales. Se usaron partículas de 0.8, 2 y 3 micras con flujos de 6 L/min y también con pruebas similares a las que usa el NIOSH (aerosoles de 0.075 micras a 84 L/min). Los cubrebocas usados en clínicas dentales mostraron una penetración del 6-75% para las pruebas con partículas de látex (flujos de 6 L/min), mientras que la penetración en los cubrebocas médicos fue solo del 0.02 al 0.07%. Para las pruebas tipo NIOSH la penetración fue del 53 al 90% con los cubrebocas dentales contra un 4-37% de los cubrebocas médicos. Para los



cubrebocas médicos que mostraron una penetración de partículas de látex menor al 0.6% se realizaron pruebas de adherencia facial y, en promedio, mostraron valores de 4.4 a 5.7 (en una escala de 0-10), por lo que aunque el material de algunos de los cubrebocas médicos es muy eficiente, al no adherirse a la cara, permite que penetren del 10 al 40% de las partículas.

Sickbert-Bennet y colaboradores<sup>38</sup> probaron diversos N95 y cubrebocas médicos con pruebas cuantitativas similares a las realizadas por la OSHA con partículas de 0.05 micras de diámetro. Los cubrebocas médicos que se sujetan con cintas a la cabeza mostraron una eficiencia del 71% y en los cubrebocas médicos con cintas de sujeción retroauricular fue del 38%, lo que sugiere que ese tipo de sujeción no logra una tensión adecuada para mantener la adherencia facial con los movimientos de la cabeza.

Para tratar de mejorar la eficiencia de los cubrebocas médicos nivel 1, Runde y su grupo<sup>50</sup> realizaron pruebas cuantitativas de adherencia facial midiendo partículas de solución salina en el interior y exterior de CB adheridos con ligas a la cara y sujetadas a la cabeza, en posición retroauricular o a una careta (**Figura 5A**). En una escala de 0-200 los N95 requieren un valor > 100. Los resultados mostraron que la prueba de adherencia la lograron pasar el 45% de los sujetos con la sujeción retroauricular, y el 100% con la sujeción en la cabeza o en la careta. Como los autores comentan, no se intenta sustituir un N95 por un CBQ en PGE que tienen riesgo elevado de transmisión viral, al menos que no exista la disponibilidad de los N95. En las guías de diciembre de 2020<sup>26</sup> la OMS sugiere el uso de cubrebocas médico para el cuidado de pacientes diagnosticados o sospechosos de COVID-19. Con este aditamento, puede ofrecerse mayor seguridad para los trabajadores de la salud en caso de no contar con suficientes N95.

### Cubrebocas de tela

La OMS<sup>26</sup> sugiere que en una situación de carencia extrema de otro tipo de CB, los CB de tela, junto con el uso de caretas, pueden considerarse una última alternativa. Desde la aparición de la pandemia de COVID-19 se han multiplicado los estudios que analizan la eficacia de este tipo de CB sobre todo para dar cobertura a la población general al no haber una cantidad suficiente de cubrebocas médicos. En general, se recomienda que sean CB de preferencia de tres capas, de telas mixtas, donde la exterior sea una tela flexible de tejido apretado y una capa interna de material diseñado para filtrar partículas (varios autores coinciden en bolsas de aspiradoras) con lo que se logran eficiencias de filtración mayores al 90% para partículas mayores a 1 micra siempre y cuando la máscara quede bien adherida a la cara.<sup>51,52</sup> Drewnick<sup>51</sup> ha demostrado que si la fuga es tan solo del 1-2%, la eficiencia en la filtración disminuye en un 50-70%, de ahí que es necesario aplicar los aditamentos para mejorar la adherencia a la cara, como puede ser la cadena de ligas<sup>50</sup> (**Figura 5A**), el uso de una media de nylon<sup>53</sup> (**Figura 5D**) o un aditamento creado por los mismos autores que originalmente diseñaron la idea de las ligas ("fix the mask")<sup>54</sup> (**Figura 5B**) que lo hacen más comfortable. En el estudio de Clapp<sup>55</sup> se corrobora de nuevo cómo los cubrebocas de tela mejoran su eficiencia de filtración del 44 al 74% con la adición de la media de nylon o el aditamento *fix the mask*. **Cuadro 6**

### CONCLUSIONES

La pandemia de COVID-19 está aún muy lejos de ser controlada. Los trabajadores de la salud seguiremos en contacto con casos asintomáticos y con pacientes diagnosticados. Debemos reconocer que, de las formas de transmisión, la más importante es por medio de aerosoles. Por su comportamiento aerodinámico su tamaño incluye hasta las 100 micras y son capaces de



**Figura 5.** Aditamentos para incrementar la adherencia facial. **A.** Cubrebocas médico con ligas. Tomado de: Runde DP, Harland KK, Van Heukelom P, Faine B, O'Shaughnessy P, Mohr NM. The “double eights mask brace” improves the fit and protection of a basic surgical mask amidst COVID-19 pandemic. *JACEP Open.* 2021;2:e12335. **B.** *Fix the mask.* Tomado de: <https://www.fixtheface.com>. **C.** Ajustador de mascarilas. Tomado de: Rothamer DA, Sanders S, Reindl D, Bertram TH. Strategies to minimize SARS-CoV-2 transmission in classroom settings: Combined impacts of ventilation and mask effective filtration efficiency. *medRxiv preprint* doi: <https://doi.org/10.1101/2020.12.31.20249101>; this version posted January 4, 2021. **D.** Media de nylon. Tomado de: Mueller AV, Eden MJ, Oakes JM, et al. Quantitative Method for Comparative Assessment of Particle Removal Efficiency of Fabric Masks as Alternatives to Standard Surgical Masks for PPE. *Matter*, 2020; 3: 950-962.

permanecer flotando en espacios cerrados por tiempo prolongado y aunque su emisión es mayor durante la realización de un procedimiento generador de aerosol, pueden aparecer con

la tos, estornudos o simplemente por hablar. La aparición de variedades más contagiosas y probablemente más letales debe obligar a todos los trabajadores de la salud a usar cubrebocas médicos o respiradores de alta eficiencia. En caso de no contar con un número suficiente de respiradores N95, se han expuesto las alternativas para su reuso, uso de respiradores elásticos y otros factores asignados de protección autorizados por el NIOSH. En caso de carencia extrema de estos respiradores, podrán usarse los cubrebocas médicos de preferencia con aditamentos que mejoren el sellado facial para evitar fugas por donde pueden penetrar con facilidad los aerosoles

## REFERENCIAS

1. <https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>.
2. Chou R, Dana T, Buckley DI, Selph S, et al. Update Alert 5: Epidemiology of and risk factors for coronavirus infection in health care workers. *Ann Intern Med* 2020 Dec 1; 173 (11): W154-W55. doi: 10.7326/L20-1227.
3. Chávez V. En México hay más muertos y contagios de personal médico que en Italia y EU. *El Financiero*, 1 de junio 2020.
4. Forbes Staff. México, el país con más personal médico muerto por coronavirus. <https://www.forbes.com.mx/noticias-mexico-pais-con-mas-personal-medico-muerto-por-coronavirus/>
5. Chou R, Dana T, Buckley DI, Selph S, et al. Epidemiology of and risk factors for coronavirus infection in health care workers. *A Living Rapid Review. Ann Intern Med* 2020 Jul 21; 173 (2): 120-136. doi: 10.7326/M20-1632.
6. Davies N, Barnard R, Jarvis C, Kucharski A, et al. Estimated transmissibility and severity of novel SARS-CoV-2 Variant of Concern 202012/01 in England. *CMMID Repository Status: Paper under peer review | First online: 23-12-2020 | Last update: 31-12-2020.* <https://doi.org/10.1101/2020.12.24.20248822>.
7. McNeil Jr D. How much herd immunity is enough? *The New York Times*. Dec 24, 2020.
8. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. 2020. Airborne Transmission of SARS-CoV-2: Proceedings of a Workshop—in Brief. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25958>.
9. Morawska L, Milton DK. It's time to address airborne transmission of Coronavirus disease 2019 COVID-19. *Clin Infect Dis* 2020 Dec 3; 71 (9): 2311-2313. doi: 10.1093/cid/ciaa939.



10. How COVID-19 Spreads. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html>.
11. Jennison MW. Atomizing of mouth and nose secretions into the air as revealed by high-speed photography. *Aerobiology*. 17<sup>th</sup> ed. Washington: American Association for the Advancement of Science, 1942: pp 106-28.
12. Bourouiba L. Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions: potential implications for reducing transmission of COVID-19. *JAMA* 2020; 323 (18): 1837-1838. doi: 10.1001/jama.2020.4756.
13. Zuo Y, Uspal W, Wei T. Airborne Transmission of COVID-19: Aerosol dispersion, lung deposition, and virus-receptor interactions. *ACS Nano* 2020; 14: 16502-16524. doi: 10.1021/acsnano.0c08484.
14. Yu ITS, Li Y, Wong TW, Tam W, et al. Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus. *N Engl J Med* 2004; 350: 1731-1739. doi: 10.1056/NEJMoa032867.
15. Kim SH, Chang SY, Sung M, Park J, et al. Extensive viable Middle East Respiratory Syndrome (MERS) coronavirus contamination in air and surrounding environment in MERS isolation wards. *Clin Infect Dis* 2016; 63: 363-369. doi: 10.1093/cid/ciw239.
16. Tellier R. Review of aerosol transmission of influenza A virus. *Emerg Infect Dis* 2006; 12: 1657-1662. doi: 10.3201/eid1211.060426.
17. Ong SWT, Tan YK, Chia PY, Lee TH, et al. Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. *JAMA* 2020; 323: 1610-2. doi: 10.1001/jama.2020.3227.
18. Lednicky JA, Lauzardo M, Fan ZH, Jutla AS, Tilly TB, Gangwar M, et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *Int J Infect Dis* 2020; 100:476-82. doi: 10.1016/j.ijid.2020.09.025.
19. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook M, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med*. 2020; 382:1564-1567. doi: 10.1056/NEJMc2004973.
20. Shen Y, Li C, Dong H, Wang Z, Martinez L, Sun Z, et al. Community outbreak investigation of SARS-CoV-2 transmission among bus riders in Eastern China. *JAMA Intern Med* 2020; 180: 1665-71. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.5225.
21. Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, et al. Aerosol transmission of SARS-CoV-2. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *medRxiv* 2020.04.16.20067728. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>.
22. Hamner L, Dubbel P, Capron I, Ross A, et al. High SARS-CoV-2 attack rate following exposure at a choir practice — Skagit County, Washington, March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020; 69. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6919e>.
23. Kang M, Wei J, Yuan J, Guo J, Zhang Y, Hang J, et al. Probable evidence of fecal aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a high-rise building. *Ann Intern Med* 2020; Sep 1:M20-0928. doi: 10.7326/M20-0928.
24. Centers for Disease Control and Prevention. Interim Infection Prevention and Control Recommendations for Patients with Suspected or Confirmed Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Healthcare Settings. 2020. Available at: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>.
25. World Health Organization. Advice on the use of masks in the context of COVID-19. Interim guidance. 5 June 2020.
26. World Health Organization. Mask use in the context of COVID-19. Interim guidance. 1 december 2020.
27. ¿Por qué Alemania pide a ciudadanos usar solo mascarillas quirúrgicas? *Milenio*, 22 enero 2021.
28. <https://www.primed.ca/resources/astm-mask-protection-standards/>.
29. Brosseau L., Berry R. N95 respirators and surgical masks. Center for disease control and prevention. Posted on October 14, 2009. <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2009/10/14/n95/>.
30. Diario Oficial de la Federación. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5227732](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5227732).
31. Hospital Respiratory Protection Program Toolkit Resources for Respirator Program Administrators. May 15, 2015. National Institute for Occupational Safety and Health, National Personal Protective Technology Laboratory (NIOSH-NPPTL). <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3767.pdf>.
32. <https://multimedia.3m.com/mws/media/17932750/3manz-2020-comparison-of-ffp2-kn95-and-n95-and-other-filtering-facepiece-respirator-classes.pdf>.
33. Implementing Filtering Facepiece Respirator (FFR) reuse, including reuse after decontamination, when there are known shortages of N95 Respirators. Updated. Oct.19, 2020. Disponible en: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/decontamination-reuse-respirators.html>.
34. Clark DB. Inside the chaotic, cutthroat gray market for N95 masks. *The New York Times Magazine*. Published Nov 17, 2020.
35. He X, Vo E, Horvatan M, Liu Y, et al. Comparison of simulated workplace protection factors offered by N95 and P100 filtering facepiece and elastomeric half-mask respirators against particles of 10 to 400 nm. *J Nanotechnol Mater Sci* 2015; 2: 1-6. doi: 10.15436/2377-1372.15.015.
36. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2019. Reusable elastomeric respirators in Health care: considerations for routine and surge use. Washington, DC: The National Academies Press. <http://doi.org/10.17226/25275>.

37. NIOSH-Approved N95 particulate filtering facepiece respirators. Updated December 30, 2020. [https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/disp\\_part/N95list1-b.html](https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/disp_part/N95list1-b.html).
38. Sickbert-Bennett E, Samet JM, Clapp PW, Chen H, et al. Filtration efficiency of hospital face mask alternatives available for use during the COVID-19 Pandemic. *JAMA Intern Med* 2020 Aug 11; e204221. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.4221.
39. US Food & Drug Administration. N95 Respirators, Surgical Masks, and Face Masks. June 7, 2020. Available at <https://www.fda.gov/medical-devices/personal-protectiveequipment-infection-control/n95-respirators-surgicalmasks-and-face-masks#decontaminating>. Accessed July 1, 2020.
40. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities (2008). <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/tables/figure1.html>.
41. Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, Hui KPY, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *Lancet Microbe*, 2020; 1: e10. doi: 10.1016/S2666-5247(20)30003-3.
42. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook M, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Eng J Med* 2020; 382: 1564-1567. doi: 10.1056/NEJMc2004973.
43. Chan KH, Sridhar S, Zhang RR, Shu H, et al. Factors affecting stability and infectivity of SARS-CoV-2. *J Hosp Infect* 2020; 106: 226-231. doi: 10.1016/j.jhin.2020.07.009.
44. Ratnesar-Shumate S, Williams G, Green B, Krause M, et al. Simulated sunlight rapidly SARS-CoV-2 on surfaces. *J Infect Dis* 2020 Jun 29; 222 (2): 214-222. doi: 10.1093/infdis/jiaa274.
45. N95 Decontamination & Reuse Method Decision Matrix. <https://www.n95decon.org/publications#n95-respirator-facts>.
46. Degesys NF, Wang RC, Kwan E, Noble J, Fahimi J, Raven M. Correlation between N95 extended use and reuse and fit failure in an emergency department. *JAMA* 2020 Jul 7; 324 (1): 94-96. doi: 10.1001/jama.2020.9843.
47. Maranhao B, Scott AW, Scott AR, Maeng J, et al. Probability of fit failure with reuse of N95 mask respirators. *Br J Anaesth* 2020 Sep; 125 (3): e322-e324. doi: 10.1016/j.bja.2020.06.023.
48. <https://www.astm.org/READINGLIBRARY/VIEW/F2100.html>.
49. Oberg T, Brosseau LM. Surgical mask filter and fit performance. *Am J Infect Control* 2008 May; 36 (4): 276-82. doi: 10.1016/j.ajic.2007.07.008.
50. Runde DP, Harland KK, Van Heukelom P, Faine B, O'Shaughnessy P, Mohr NM. The "double eights mask brace" improves the fit and protection of a basic surgical mask amidst COVID-19 pandemic. *JACEP Open* 2021; 2: e12335. doi: 10.1002/emp2.12335.
51. Drewnick F, Pikmann J, Fachinger F, Moormann L, Sprang F, Borrmann S, et al. Aerosol filtration efficiency of household materials for homemade face masks: Influence of material properties, particle size, particle electrical charge, face velocity, and leaks. *Aerosol Science and Technology* 2021, 55: 63-79. <https://doi.org/10.1080/02786826.2020.1817846>.
52. Pan J, Harb C, Leng W, Marr LC. Inward and outward effectiveness of cloth masks, a surgical mask, and a face shield. Posted November 20, 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.11.18.20233353> medRxiv preprint.
53. Mueller AV, Eden MJ, Oakes JM, Bellini C, Fernandez L. Quantitative method for comparative assessment of particle removal efficiency of fabric masks as alternatives to standard surgical masks for PPE. *Matter* 2020; 3: 950-962. doi: 10.1016/j.matt.2020.07.006.
54. <https://www.fixtheface.com>.
55. Clapp P, Sickbert-Bennett EE, Samet JM, Berntsen J, et al. Evaluation of cloth masks and modified procedure masks as personal protective equipment for the public during the COVID-19 pandemic. *JAMA Intern Med* 2021; 181 (4): 463-469. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.8168.