



Reutilización de respiradores N95: estrategias de descontaminación aplicables en la pandemia de COVID 19 en Perú

Reusing N95 Respirators: decontamination strategies applicable in COVID-19 pandemics in Peru

Luccio Romani^{1,2,a}, Jennifer Vilchez-Cornejo^{3,b}

¹ Facultad de Medicina Humana, Universidad de San Martín de Porres. Chiclayo, Perú.

² Sociedad Científica Médico Estudiantil Peruana. Lima, Perú.

³ Red de Investigación en Salud Pública y Epidemiología. Ucayali, Perú.

^a Estudiante de medicina, ^b médico cirujano

Correspondencia

Luccio Alberto Romani Ojeda
luccioromani@gmail.com

Recibido: 07/05/2020

Arbitrado por pares

Aprobado: 19/06/2020

Citar como: Romani L, Vilchez-Cornejo J. Reutilización de respiradores N95: Estrategias de descontaminación aplicables en la pandemia de COVID 19 en Perú. *Acta Med Peru.* 2020;37(2):223-7. doi: <https://doi.org/10.35663/amp.2020.372.970>

RESUMEN

El virus SARS-CoV-2 o virus del COVID-19, considerado como emergencia internacional de salud pública, fue declarada posteriormente como una pandemia. Debido a la alta propagación del virus del COVID-19 por medio de *droplets*, la demanda de los equipos de protección personal (EPP) para el personal de salud ha sido notable, en especial el de los respiradores. Por ende, se hace importante conocer los métodos de descontaminación considerados para su aplicación en nuestro medio; teniendo en cuenta el uso adecuado de medidas de asepsia y antisepsia, garantizando a su vez la integridad del respirador (correas, puente nasal y material de espuma nasal) y contando con el proceso natural de degradación. Los métodos adecuados de desinfección en respiradores descritos son: el uso de hornos esterilizadores (calor seco), autoclave (vapor), radiación ultravioleta (UV) y vaporizadores caseros (olla arrocera con vaporizador). Estos métodos deben ser empleados acordes a las necesidades del personal de salud.

Palabras clave: Equipo de protección personal; Bioseguridad; COVID-19; Descontaminación (fuente: DeCS-BIREME).

ABSTRACT

The SARS-CoV-2 virus, also called COVID-19, was initially considered as an international public health emergency, and later it was declared as a pandemic. Due to the high spread of COVID-19 through droplets, the demand for personal protective equipment (PPE) for healthcare professionals has been remarkable, particularly filtering face-piece particulate respirators. Therefore, it is important to know the decontamination methods proposed for their application in our environment, considering the proper asepsis and antisepsis measures to be used, and also on how to preserve the integrity of the device (straps, nasal bridge and nasal foam material) and counting on its natural degradation process. Adequate methods for disinfecting these devices are as follows: using sterilizing ovens (dry heat), autoclave (steam), ultraviolet radiation (UV) and homemade vaporizers, which should be used according to the needs of the healthcare professionals.

Keywords: Personal protective equipment; Biosafety; COVID-19; Decontamination (source: MeSH NLM).

INTRODUCCIÓN

A finales del 2019, una enfermedad respiratoria aguda causada por un nuevo coronavirus (SARS-CoV-2, conocido previamente como 2019-nCoV) y denominada como la enfermedad por coronavirus del 2019 (COVID-19, por sus siglas en inglés), fue reportada inicialmente como un brote en la provincia de Wuhan-China para luego expandirse a nivel mundial^[1]. Inicialmente considerada como una emergencia internacional de salud pública, fue luego declarada una pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS); la misma que hasta la fecha, 06 de Junio de 2020, registra más de 6 663 304 infectados a nivel mundial^[2] y en Perú alrededor de 191 758^[3]. El virus SARS-CoV-2 o virus del COVID-19 usa el receptor de enzima convertidora angiotensina tipo 2 (ACE-2), y se propaga principalmente por el tracto respiratorio, siendo los síntomas clínicos más frecuentes: fiebre, tos, fatiga y en menor proporción la presencia de dolores, congestión nasal, rinorrea, dolor de garganta, dificultad respiratoria o deposiciones líquidas^[4,5]. Los adultos mayores y las personas con diversas comorbilidades (enfermedades metabólicas, cardiovasculares, respiratorias y obesidad) suelen ser los más propensos a desarrollar episodios severos de la enfermedad como hipercoagulabilidad (coagulación intravascular diseminada), síndrome de disfunción multiorgánica (SDMO) y síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) severa^[5].

Debido a la alta propagación del virus del COVID-19 por medio de *droplets*, la demanda de los equipos de protección personal (EPP) para el personal de salud en los países más afectados ha sido notable, rebasando la oferta. La escasez del EPP, en especial el de respiradores (ejemplo N95) que ha sido constante, originando su uso prolongado (uso del mismo respirador para encuentros repetidos en contacto cercano con varios pacientes, sin quitarse el respirador entre los encuentros)^[7,8] y/o reutilización (empleo

del respirador con pacientes pero luego retirarlo después de cada encuentro, ser almacenado y ser colocado nuevamente antes de la atención al paciente)^[7-9]. Por lo que se hace importante conocer algunos aspectos de los respiradores y los métodos de descontaminación para poder reutilizarlos.

El Centro para Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos, recomienda actualmente el uso de mascarillas quirúrgicas (Figura 1A) y de respiradores de pieza facial filtrante N95 (FPP, por sus siglas en inglés) (Figura 1B). Sin embargo, las mascarillas quirúrgicas no suelen estar ajustadas al rostro creando diversos espacios de posible contagio, por lo que su uso es complementario a los respiradores. Dentro de los modelos N95 existen tres del tipo N95 FPP (N95 A, N95 B, N95 C) y tres N95 FPP quirúrgicos (SN95 D, SN95 E, SN95 F)^[6], siendo el modelo quirúrgico (Figura 1C) el más usado por diversos trabajadores de salud.

En los Estados Unidos, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) es quién determina y aprueba la eficacia de la filtración mínima de estos respiradores al 95% para 0,3 μm (diámetro medio de masa aerodinámica) de aerosoles con cloruro de sodio, los que comúnmente son denominadas N95 FPP según su presentación convencional o quirúrgica^[7]. En diversas partes a nivel mundial los grados de filtración equivalentes a este respirador corresponden al FFP2 (Unión Europea), KN95 (China), DS/DL2 (Japón) y KF94 (Corea del Sur)^[10] (Figura 2). Diversas investigaciones^[7,10-12], han presentado múltiples esquemas con respecto a la desinfección de estos implementos, usualmente de fácil implementación, contando con una eficacia de filtración de partículas de hasta el 95%^[10] y una duración promedio entre 10 a 50 ciclos sin la observación en la degradación del rendimiento de filtración dependiendo del método empleado.



Figura 1. Mascarillas y respiradores N95. (A) mascarillas, (B) respirador N95 convencional y (C) respirador N95 quirúrgico.



Figura 2. Respiradores N95 y sus equivalentes. (A) KN95, (B) N95, (C) KF94, (D) DS2 y (E) FFP2.



Figura 3. Equipos usados en la descontaminación. (A) horno esterilizador, (B) autoclave, (C) torre con bombillas UV, (D) vaporizador casero.

MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN

Existen varias formas rápidas de eliminar un virus pudiendo evidenciarse su efectividad; sin embargo, al aplicar estas medidas a los respiradores, es necesario garantizar que después del proceso de descontaminación conserven su integridad. Según la ficha técnica de *Minnesota Mining and Manufacturing Company (3M®)*, existen cuatro criterios que los métodos de descontaminación deben cumplir para garantizar su utilidad: a) la efectividad contra el organismo a eliminar, b) evitar el daño en la filtración del respirador, c) no afectar el ajuste del respirador y d) garantizar la seguridad para la persona que lo usa^[13].

Se realizó una breve búsqueda bibliográfica en bases de datos indexadas con el propósito de informar a la población peruana, en especial, a los profesionales de la salud, sobre los posibles métodos de descontaminación de los respiradores N95 que pueden ser replicados en nuestro medio.

Consideraciones previas

Antes de considerar realizar algún proceso de descontaminación, se recomienda colocar una mascarilla quirúrgica encima del respirador N95 y/o usar un protector facial, con la finalidad de disminuir la exposición a partículas y/o aerosoles contaminantes, para de esta forma requerir con menor frecuencia los procesos de descontaminación o reemplazo de los equipos. Asimismo se debe resaltar que estos procedimientos no deben realizarse de forma rutinaria y en lo posible, según la capacidad de adquirir los EPP en centros de salud, estos deberían ser sustituidos por respiradores nuevos. A pesar de ello, ante la inminente escasez de los EPP en los centros hospitalarios en nuestro país, los autores recomiendan seguir las siguientes indicaciones para la realización de los procesos de descontaminación.

Previo a un proceso de descontaminación, lavarse las manos con agua, jabón y/o con un desinfectante alcohol en gel para manos antes y después de tocar, ajustar el respirador y/o utilizar guantes para su manipulación, evitando tocar el interior del

respirador. Finalmente se debe inspeccionar visualmente la integridad del respirador, verificando si los componentes como las correas, el puente nasal y el material de espuma nasal han sido comprometidos y no se han degradado, lo que podría afectar la calidad del respirador.

Horno de esterilización

Se conoce que a temperaturas por sobre los 70 grados Celsius (°C), el SARS-CoV-2 reduce su tiempo de inactivación a los cinco minutos^[14]. Por otro lado, estudios realizados durante la pandemia de influenza H1N1 mostraron una buena resistencia de los respiradores al calor seco, hasta en 80 °C durante una hora^[6]. Liao et al.^[10] concluyeron que la descontaminación a 70 °C durante 30 minutos permite mantener las propiedades filtrantes, en su diferencia de presión y durante su ajuste, incluso después de 20 ciclos (Figura 3A).

Autoclave

La colocación del respirador dentro de una bolsa impermeable durante quince minutos, a calor húmedo en 121 °C, seguido de un proceso de secado, conserva el aspecto y la capacidad de filtración hasta luego de cinco ciclos de descontaminación. Al parecer el uso de bolsas impermeables durante la descontaminación con autoclave, resulta beneficioso; asimismo, un estudio recomienda desechar los respiradores en caso de deformación irreversible y pérdida en la filtración (Figura 3B)^[15].

Irradiación ultravioleta (UV)

El centro médico de la Universidad de Nebraska ha reportado un método eficaz para la descontaminación de los respiradores, procedimiento en cual se coloca los respiradores en tendederos dentro de una sala con dos torres, cada una con ocho bombillas ultravioleta C (UVC), en una habitación con paredes cubiertas con pintura reflectante. La dosis de radiación UV necesaria para cumplir con la descontaminación es la producida por un ciclo de 6 minutos a 300 mJ/cm² (1mW/cm² por segundo) (Figura 3C)^[16].

Tabla 1. Métodos de descontaminación de respiradores N95

Método	Procedimiento	Modelos	Pruebas	Ref.
Calor seco	80°C por 1 hora	- N95 FFR (N95-A, N95-B y N95-C) - N95 quirúrgico (SN95-D, SN95-E y SN95-F)	Aspecto Filtración*	CDC [7]
	70°C por 30 min	- N95 de microfibra fundida - N95 de algodón cargado	Filtración* Descontaminación sobre <i>E. Coli</i>	Liao L, et al. [7]
Autoclave	121°C por 15 min en bolsas impermeables con láminas Haldyard	- N95 FFP2 Aura 1862 3M®	Aspecto Filtración* Permeabilidad con <i>S. epidermidis</i>	De Man P, et al. [15]
Irradiación UV †	254 nm, 300 mJ/cm ² por 15 min	- N95 Aura 1862 3M®	Eliminación del virus	Lowe JL, et al. [16]
Vaporizador casero	100° por 10 min, seguido de 65 °C por 5 minutos	- N 95 1862 3M®	Descontaminación sobre MRSA y bacteriófago MS2	Li DF, et al. [17]

* Según especificaciones de la NIOSH

† Único método probado en SARS-CoV-2

UV: ultravioleta; MRSA: Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*

Vaporizador casero

Un método de desinfección inusual, pero de fácil alcance, es el descrito por Li *et al.* [17] que haciendo uso de vaporizadores (olla arrocera con vaporizador común) logró una desinfección efectiva en los respiradores N95. Los autores inocularon dos muestras de respiradores N95 con *Staphylococcus aureus* resistente a la Metilina (MRSA) y bacteriófagos MS2 durante 15 minutos, con un periodo de calentamiento de 10 minutos y 5 minutos de vaporización, resultando en un proceso favorable de descontaminación (Figura 3D) [17].

Los diversos modelos de respiradores, métodos de desinfección y pruebas realizadas se encuentran listados en la Tabla 1.

Nuestra búsqueda encontró otros métodos que probablemente resulten eficaces para la eliminación del virus; sin embargo, se deben descartar por razones obvias. Por ejemplo, la pasteurización puede causar una deformación irreversible en los respiradores [18]; el microondas, puede derretirlos parcialmente [6,18]; el alcohol y el blanqueador, destruyen la carga estática dentro los mismos [6,10,19,20], dado que la capa activa de un respirador N95 es 90% de espacio vacío, las fibras necesitan de la estática para atrapar el 95%, de las partículas que pasan a través de ellas, al usar estos disolventes el respirador sufrirá una pérdida importante de su filtración [10].

A pesar de los diversos esquemas de desinfección presentados no existe una forma exacta para determinar un número máximo de reutilizaciones seguras para estos respiradores N95 FFP. Esta reutilización se ve afectada por diversas variables que alteran la función del respirador y su contaminación durante su uso y tiempo [21,22]. En caso de permitirse la reutilización de dichos respiradores, se debe garantizar el cumplimiento de los controles administrativos y de ingeniería, que limiten la contaminación en la superficie del respirador (uso de barreras para evitar la

contaminación por pulverización de gotas); pero, además, se debe considerar las medidas de bioseguridad más adecuadas para que el personal minimice el contacto innecesario con la superficie [23].

CONCLUSIONES

A pesar de las medidas previamente mencionadas, la contaminación con fluidos corporales (sangre, fluidos corporales, secreciones respiratorias y/o nasales), cualquier procedimiento mediante aerosoles y el posterior contacto con pacientes en una área infecciosa que requiere una mayor precaución, son marcadores principales para el desecho de los respiradores N95 FFP [7,23]. Se recomienda que los métodos de esterilización puedan ser aplicados con mayor frecuencia en áreas de atención primaria y/o centros de hospitalización donde la prevalencia de casos COVID es menor en comparación con las áreas de sintomáticos respiratorios, centros COVID y/o emergencia en los hospitales [22].

Los métodos mostrados previamente fueron seleccionados en base a su aplicabilidad en nuestros medios. Nuestra búsqueda concluye que los métodos adecuados de desinfección en respiradores N95 son el uso de hornos esterilizadores (calor seco), autoclave (vapor), radiación UV y vaporizadores caseros (olla arrocera con vaporizador), debiendo emplearse cualquiera de estos métodos, acorde a las necesidades del personal de salud que lo requiera.

Agradecimientos: los autores agradecen al Dr. Stalin Vilcarromero por su apoyo en la revisión crítica del manuscrito

Contribuciones de los autores: JVC y LR concibieron la idea y realizaron el diseño, la búsqueda, selección y síntesis de todas las versiones del manuscrito. LR elaboró el material visual a través de los reportes breves de evidencia. Todos los autores interpretaron

la evidencia encontrada, revisaron críticamente el manuscrito, aprobaron la versión final y asumen responsabilidad frente a todos los aspectos del manuscrito.

Potenciales conflictos de interés: los autores declaran no presentar ningún tipo de conflicto de interés.

Fuente de financiamiento. autofinanciado.

ORCID:

Luccio Romani: <https://orcid.org/0000-0003-1641-5537>

Jennifer Vilchez-Cornejo: <https://orcid.org/0000-0002-9596-6363>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Wang C, Horby PW, Hayden FG, Gao GF. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet*. 2020;395(10223):470-473. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30185-9.
- World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report-138 [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [citado 6 junio 2020]. Disponible en: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200606-covid-19-sitrep-138.pdf?sfvrsn=c8abfb17_4.
- Ministerio de Salud del Perú. Sala Situacional COVID-19 Perú [Internet]. Lima: MINSA; 2020 [citado 6 junio 2020]. Disponible en: https://covid19.minsa.gob.pe/sala_situacional.asp.
- Cheng ZJ, Shan J. 2019 novel coronavirus: where we are and what we know. *Infection*. 2020;1-9. doi: 10.1007/s15010-020-01401-y.
- Guo YR, Cao QD, Hong ZS, Tan YY, Chen SD, Jin HJ, et al. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak - an update on the status. *Mil Med Res*. 2020 13;7(1):11. doi: 10.1186/s40779-020-00240-0.
- Viscusi DJ, Bergman MS, Eimer BC, Shaffer RE. Evaluation of five decontamination methods for filtering facepiece respirators. *Ann Occup Hyg*. 2009;53(8):815-27. doi: 10.1093/annhyg/mep070.
- Centers for Diseases Control and Prevention. Recommended Guidance for Extended Use and Limited Reuse of N95 Filtering Facepiece Respirators in Healthcare Settings [Internet]. Atlanta: CDC; 2020 [citado 25 abril 2020]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hcwcontrols/recommendedguidanceextuse.html>.
- Centers of Disease Control and Prevention. Questions and Answers Regarding Respiratory Protection for Preventing 2009 H1N1 Influenza Among Healthcare Personnel [Internet]. Atlanta: CDC; 2010 [citado 6 junio 2020]. Disponible en: https://www.cdc.gov/h1n1flu/guidelines_infection_control_qa.htm.
- Rebmann T, Alexander S, Cain T, Citarella B, Cloughessy M, Coll B. APIC position paper: extending the use and/or reusing respiratory protection in healthcare settings during disasters [Internet]. Washington, DC: APIC; 2020 [citado 6 junio 2020]. Disponible en: http://www.apic.org/Resource_/TinyMceFileManager/Advocacy-PDFs/APIC_Position_Ext_the_Use_and_or_Reus_Resp_Prot_in_Hlthcare_Settings12091.pdf.
- Liao L, Wang X, Yu X, Wang H, Zhao M, Wang Q, et al. Can N95 facial masks be used after disinfection? And for how many times? *ACS Nano*. 2020;14(5):6348-6356. doi: 10.1101/2020.04.01.20050443.
- Mackenzie D. Reuse of N95 Masks. *Engineering (Beijing)*. 2020. doi: 10.1016/j.eng.2020.04.003.
- Khoukh K, Dumas C, El Hssaini R, Bertin S, Bruno F. Pandémie COVID-19 et réutilisation des masques: Revue bibliographique des méthodes de décontamination [Internet]. Paris: Delpech; 2020 [citado 28 abril 2020]. Disponible en: https://pharmaciedelpech.fr/Src/Pharmacie/Assets/Download/Revue_biblio_sterilisation_masques.pdf.
- Minnesota Mining and Manufacturing Company. Métodos de descontaminación para respiradores 3M® N95. Boletín Técnico [Internet]. St. Paul, MN: 3M Company; 2020 [citado 28 abril 2020]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/18285560/decontamination-methods-3m-n95-respirators.pdf>.
- Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, Hui KPY, Yen HL, Chan MCW et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *Lancet*. 2020. doi: 10.1016/S2666-5247(20)30003-3.
- De Man P, Van Straten BJ, Van Den Dobbelen JJ, Van Der Eijk A, Horeman T, Koeleman H. Sterilization of disposable face masks by means of dry and steam sterilization processes: an alternative in case of acute mask shortages due to COVID-19. *J Hosp Infect*. 2020;105(2):356-357. doi: 10.1016/j.jhin.2020.04.001.
- Lowe JL, Paladino KD, Farke JD, Boulter K, Cawcutt K, Emodi M, et al [Internet]. N95 filtering facepiece respirator ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) process for decontamination and reuse. Lincoln: University of Nebraska; 2020 [citado 6 junio 2020]. Disponible en: www.nebraskamed.com/sites/default/files/documents/covid-19/n-95-decon-process.pdf.
- Li DF, Cadnum JL, Redmond SN, Jones LD, Donskey CJ. It's Not the Heat, It's the Humidity: Effectiveness of a Rice Cooker-Steamer for Decontamination of Cloth and Surgical Face Masks and N95 Respirators. *Am J Infect Control*. 2020;48(7):854-855. doi: 10.1016/j.ajic.2020.04.012.
- Bergman MS, Viscusi DJ, Heimbuch BK, Wander JD, Sambol AR, Shaffer RE. Evaluation of multiple (3-cycle) decontamination processing for filtering facepiece respirators. *J Eng Fibers Fabr*. 2010;5(4):33-40. doi: 10.1177/155892501000500405.
- Price A, Chu L. Addressing COVID-19 Face Mask Shortages: Can Facial Masks be Disinfected for Re-use? [Internet]. Stanford, California: Lernaly Anesthesia/Stanford AIM Lab COVID-19 Evidence Service; 2020 [citado 25 abril 2020]. Disponible en: <https://stanfordmedicine.app.box.com/v/covid19-PPE-1-2>.
- Lin TH, Chen CC, Huang SH, Kuo CW, Lai CY, Lin WY. Filter quality of electret masks in filtering 14.6–594 nm aerosol particles: Effects of five decontamination methods. *PLoS One*. 2017;12(10):e0186217. doi: 10.1371/journal.pone.0186217.
- Fisher EM, Noti JD, Lindsley WG, Blachere FM, Shaffer RE: Validation and Application of Models to Predict Facemask Influenza Contamination in Healthcare Settings. *Risk Analysis*. 2014;34(8):1423-34. doi: 10.1111/risa.12185.
- Fisher EM, Shaffer RE. Considerations for Recommending Extended Use and Limited Reuse of Filtering Facepiece Respirators in Health Care Settings. *J Occup Environ Hyg*. 2014;11(8):D115-28. doi: 10.1080/15459624.2014.902954.
- Centers for Diseases Control and Prevention. Sequence for donning personal protective equipment (PPE)/Sequence for removing personal protective equipment [Internet]. Atlanta: CDC; 2020 [citado 25 abril 2020]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/HAI/pdfs/ppe/ppeposter148.pdf>.