

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION**DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION****FACE MASK DESIGN: MATERIALS AND PROCESSES THAT DETERMINE THE DEGREE OF EFFICIENCY IN FILTRATION**Susana Gabriela de la Cruz Mauricio¹Elisa Janeth Garza Martínez²Martin Gerardo Jacinto Escobedo³Diana Garza Rocha⁴Joel González Marroquín⁵Cesar Augusto Leal Chapa⁶**RESUMEN**

El equipo de protección personal es fundamental ante el afán de brindar protección a la población humana contra el contagio de enfermedades respiratorias como la causada por COVID-19. Uno de los dispositivos primordiales es la mascarilla o cubrebocas y su eficiencia está altamente relacionada con los materiales empleados en su elaboración, así como los procesos que intervienen para lograr la obtención de filtros adecuados que cumplan con los requerimientos ante la demanda de una filtración óptima capaz de minimizar la probabilidad de la transmisión del virus. El objetivo de esta investigación documental es comparar la capacidad de filtración de los cubrebocas más comunes basándose en la consulta de artículos de investigación científica que sirvan para que los estudiantes de las carreras de ingeniería puedan conocer los diferentes materiales para utilizar en dichos equipos de protección personal. Los resultados obtenidos permiten observar diversos porcentajes de filtración y conducen a la conclusión de la importancia de las características de los materiales y sus propiedades, así como el apego a la normatividad de sus procesamientos para el éxito ante el gran propósito de optimizar la filtración.

PALABRAS CLAVE: cubrebocas, aerosoles, materiales, mecanismos de filtración.

Fecha de recepción: 03 de octubre, 2022.

Fecha de aceptación: 31 de octubre, 2022.

¹ Profesora de Tiempo Completo de la FIME-UANL, susana.delacruzmarc@uanl.edu.mx

² Profesora de Tiempo Completo de la FIME-UANL, elisa.garzamr@uanl.edu.mx

³ Profesor de Tiempo Completo de la FIME-UANL, martin.jacintoes@uanl.edu.mx

⁴ Profesora de Tiempo Completo de la FIME-UANL, diana.garzarch@uanl.edu.mx

⁵ Profesor de Tiempo Completo de la FIME-UANL, joel.gonzalezmr@uanl.edu.mx

⁶ Profesor de Tiempo Completo de la FIME-UANL, cesar.lealch@uanl.edu.mx

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION

ABSTRACT

The personal protection equipment it's fundamental in view of providing protection to the human population against the contagion of respiratory diseases caused by pandemics such as COVID-19. One of the primary devices is the mask, due to his efficiency highly related with the material used in it's productions, as well as the processes who are involved with the requirements unto the demand of one optimal filtration who its capable to minimize the transmission probability of the virus. The objective of this documental consultation of research articles of scientific investigation who serve to the engineer students may know the different materiales to use in such personal protectional equipments. The obtained results allow to observe different percentages of filtration and conduct or lead to the conclusion of the importance of the characteristics of the materiales and its properties, as well as the attachment to the normativity of its processings to the success for the great purpose of enhancing optimization.

KEYWORDS: face masks, aerosols, materials, filtration mechanisms

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud [OMS] (2020), define que “La COVID-19 es la enfermedad causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2. La OMS tuvo noticia por primera vez de la existencia de este nuevo virus el 31 de diciembre de 2019” y en los meses posteriores debido a la propagación por todos los continentes fue caracterizada como pandemia.

La pandemia por COVID-19 representa uno de los problemas más serios en materia de salud a los que la humanidad ha tenido que enfrentarse en tiempos recientes. La medicina ha tenido que trabajar multidisciplinariamente con muchas otras ramas de las ciencias como la biología, la química, la mecánica de fluidos, la estadística, la ingeniería de materiales, etc. en una búsqueda intensa por comprender a profundidad el comportamiento del virus, su mecanismo de transmisión y su forma de erradicación o por lo menos la manera de ralentizar su propagación. Tal intensidad en dicha búsqueda obedece, y casi está de sobra decirlo, a las graves repercusiones que implica una pandemia de tal envergadura: sanitarias, económicas y sociales.

Aunque la investigación científica y su difusión crecen aceleradamente hay muchos aspectos que considerar y difícilmente podría profundizarse en cada uno de ellos en un texto de unas cuantas páginas, sin embargo, se pueden formular cuestionamientos simples en cuanto a cómo se transmite; cómo se previene; la controversia entre la diversidad de vacunas con sus aspectos propios de eficacia y sus presuntos efectos secundarios y no menos importante, cuál es la idiosincrasia de la población tan diversa entre una región del mundo y otra determinada por su educación, religión, cultura, etc. y que en muchos casos, desafortunadamente, limitan al individuo impulsándolo a acciones negligentes, renuentes o limitantes.

Si bien, son muchos los factores a observar, en tanto no se desarrolle una vacuna capaz de exterminar por completo el virus SARS-CoV-2 y que, por supuesto, se ponga al alcance de toda la población, seguirá siendo fundamental la aplicación de medidas de prevención como el aseo de manos de forma constante y de manera correcta, la preservación de la distancia adecuada entre una persona y otra, evitar la asistencia a lugares muy concurridos, el estornudo de etiqueta y el uso correcto de equipo de protección personal. Medidas que están al alcance de la población en general siendo esta capaz de ejercer un rol importante en la velocidad de transmisión de la enfermedad con el implícito nivel de ocupación hospitalaria y el desabastecimiento de insumos. Un desabastecimiento de cubrebocas, por ejemplo, representaría un grave problema, partiendo de la consideración de que es un instrumento primordial en la prevención de los contagios.

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION

Un cubrebocas es una especie de máscara que cubre una gran parte del rostro. Su finalidad es evitar o minimizar la probabilidad de transmisión de enfermedades respiratorias contagiosas. Dado su objetivo, debe cubrir nariz, boca y barbilla y pueden ser elaborados con diversos materiales y de variados diseños.

Pérez (2021), define que “El cubrebocas es un instrumento fundamental para evitar el contagio microbiológico que se transmite por la nariz y la boca” y hace memoria de que al inicio de la pandemia la OMS recomendaba el uso de cubrebocas solo para los empleados trabajadores del sector salud haciendo extensa la recomendación para la población en general, dadas las evidencias de la importancia de su uso como preventivo, en junio de 2020.

En esta investigación el objetivo es observar los porcentajes de filtración de los cubrebocas más comunes, enfocándose en los materiales más empleados para su fabricación y puntualizando algunos procesos a los que son sometidos dichos materiales para lograr la obtención de filtros de alta eficiencia.

Antecedentes

La revista Medicina Interna de México hace un recuento histórico del cubrebocas:

El uso de cubrebocas inició a finales del siglo XIX. En 1867 Lister postuló que las infecciones de las heridas quirúrgicas eran causadas por los microorganismos que poco tiempo antes había descrito Louis Pasteur. En el decenio de 1880 los cirujanos sospechaban que estos gérmenes contaminaban las heridas a través de las manos, el instrumental e incluso la exhalación. En esos mismos años Carl Flügge demostró que las gotas respiratorias tenían bacterias y el cirujano Johann Mikulicz propuso en 1897 el uso de una mascarilla facial que describió como “un trozo de gasa atado a la gorra con dos cuerdas que cubriera la nariz, la boca y la barba”. Para evitar la contaminación su uso se popularizó y para 1935 casi todas las fotografías de cirujanos los muestran con cubrebocas. Durante la plaga de Manchuria en 1910 y la pandemia de influenza entre 1918-1919 se usó por primera vez fuera de los quirófanos con el objetivo de proteger a los trabajadores de la salud y a la población general. De hecho, la disminución en la mortalidad en algunas ciudades como San Francisco se atribuyó, en parte, a su uso. La mayor parte eran de material lavable, por lo que eran reutilizados por tiempo prolongado. Poco a poco se fueron reemplazando por otros de materiales sintéticos y para el decenio de 1960 casi todos eran desechables pues las fibras sintéticas se deterioraban con la esterilización. La industria encargada del diseño de los cubrebocas desechables realizó estudios sobre su eficacia, pero los reusables fueron muy poco estudiados, lo que con el paso del tiempo propagó la idea de que eran inseguros (Ramírez-Guerrero, 2021, pág. 97).

La epidemia de SARS (Síndrome Respiratorio Agudo Grave o Severe Acute Respiratory Syndrome) ocurrida desde noviembre de 2002 hasta finales de junio de 2003, al sur de China, según Vaqué Rafart (2005), fue especialmente dramática en algunas zonas ocasionando gran preocupación y alarma mundial. Una vez que la OMS declaró al respecto que todo estaba bajo control, la experiencia y las evidencias demostraron que la aplicación de medidas de control, entre ellas el uso de cubrebocas o mascarillas, son capaces de bloquear la transmisión del virus. Tales evidencias consideran una variedad de nuevos estudios sobre la evolución de los cubrebocas y su afán por mejorar cada vez más su función.

La eficiencia de los cubrebocas puede depender de un conjunto de factores diversos: el buen uso de quien lo porta, la cantidad de fuga que hay alrededor y la capacidad del material con que son

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION

diseñados para bloquear la entrada y salida de partículas y es en este sentido, en el de la capacidad de los materiales, que la ruta de transmisión juega un papel relevante.

Rutas de transmisión de enfermedades respiratorias

Bourouiba (2020, p. 1837) sostiene que, según estudios realizados en 1897, Carl Flügge demostró que los patógenos estaban presentes en gotitas espiratorias lo suficientemente grandes como para asentarse alrededor de un individuo infectado. Se pensó que la "transmisión de gotitas" por contacto con la fase fluida expulsada e infectada de las gotitas era la ruta principal para la transmisión respiratoria de enfermedades. Este punto de vista prevaleció hasta que William F. Wells se centró en la transmisión de la tuberculosis en la década de 1930 y dividió las emisiones de gotitas respiratorias en gotitas "grandes" y "pequeñas".

Según Wells, las gotas aisladas se emiten al exhalar. Las gotitas grandes se asientan más rápido de lo que se evaporan, contaminando las inmediaciones de la persona infectada. Por el contrario, las gotas pequeñas se evaporan más rápido de lo que se depositan. En este modelo, a medida que las pequeñas gotas pasan de las condiciones cálidas y húmedas del sistema respiratorio al ambiente exterior más frío y seco, se evaporan y forman partículas residuales hechas del material seco de las gotas originales. Estas partículas residuales se denominan núcleos de gotitas o aerosoles.

Estudios más recientes entre los decenios 1940-1950, como lo señala Ramírez-Guerrero (2021), dividieron a las secreciones respiratorias por su tamaño en gotas (las mayores a 5 micras) y en aerosoles (menores de 5 micras). Estos trabajos sugieren que las gotas gravitan y se asientan a una distancia máxima de aproximadamente 2 metros. Es esta consideración la base para sugerir que se sea esa la distancia adecuada que debe mantenerse entre personas para evitar la transmisión.

Sin embargo, la directora del Laboratorio de Transmisión de Enfermedades y Dinámica de Fluidos, Lydia Bourouiba (2020), del Massachusetts Institute of Technology (MIT, EEUU), considera que el concepto de gotas y aerosoles es insuficiente para describir el movimiento de las secreciones respiratorias por estornudos, exhalaciones y tos. Demuestra que las gotas que no caen de forma inmediata siguiendo una trayectoria de emisión semibalística de corto alcance, se quedan suspendidas conformando una nube de gas turbulento de partículas que contienen virus. Debido al impulso hacia adelante de la nube, las gotas portadoras de patógenos son impulsadas mucho más lejos que si fueran emitidas de forma aislada sin una nube turbulenta que las atrape y las lleve hacia adelante. Dadas varias combinaciones de un individuo, la fisiología del paciente y las condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura, la nube de gas y su carga útil de gotitas portadoras de patógenos de todos los tamaños pueden viajar de 23 a 27 pies (7-8 m). Es importante destacar que el rango de todas las gotitas, grandes y pequeñas, se extiende a través de su interacción y atrapamiento dentro de la nube de gas turbulento, en comparación con el modelo de gotitas dicotómicas comúnmente aceptado que no tiene en cuenta la posibilidad de un ambiente cálido y húmedo. Además, a lo largo de la trayectoria, gotitas de todos los tamaños se sedimentan o se evaporan a velocidades que dependen no sólo de su tamaño, sino también del grado de turbulencia y velocidad de la nube de gas, junto con las propiedades del entorno ambiental (temperatura, humedad y flujo de aire).

Además de las consideraciones anteriores, existen diversos tipos de mecanismos de filtración. Alonso (2001), menciona algunos de ellos: impacto por inercia, interceptación, difusión browniana y atracción electrostática. Estos mecanismos están intrínsecamente relacionados con el tamaño de partícula, por lo tanto, forman parte del conjunto de los aspectos a observar a la hora del diseño de cubrebocas para alcanzar la capacidad de filtración adecuada para controlar los aerosoles.

METODOS

El método de búsqueda se realiza mediante Google Académico como herramienta básica para el acceso a la localización de documentos de contenido académico concerniente a la literatura en torno

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION

al tema de interés y a través de revistas reconocidas de divulgación científica, repositorios, gaceta universitaria y páginas web de organizaciones internacionales como la OMS.

Se enlistan al final del documento las referencias de consulta por orden alfabético de acuerdo con el autor.

Tipos de cubrebocas

Existe una gran variedad de mascarillas y su clasificación puede variar, según la literatura, de acuerdo con cada autor o institución. La siguiente clasificación solo observa tres grupos y se basa en los más utilizados y en el porcentaje de filtración.

Cubrebocas de tela (casero o industrial)

Este tipo de cubrebocas suele ser elaborado con materiales textiles como el algodón, la celulosa o el lino que ayudan a bloquear la entrada y salida de gotas y salpicaduras y que por ser de origen natural son biodegradables. Su producción puede ser casera o industrial y de bajo costo e incluso pueden ser fabricados de telas de ropa usada y disponible en casa, no necesariamente naturales sino sintéticas. Generalmente son de una sola capa y poseen la ventaja de que se pueden lavar y reusar, aunque conlleva la gran desventaja de que no siguen ninguna normatividad para su fabricación. Entre este tipo de protección se incluye el uso de bufandas, paliacates, bandas deportivas, etc. en los que generalmente se utilizan polímeros textiles sintéticos como el nylon, fleecce y poliéster.

Las mascarillas que suelen ser delgadas y constan de una sola capa, solo pueden filtrar partículas bastante más grandes que 3 μm , afirma Hirschmann et al. (2020). La literatura consultada no reporta investigación respecto al porcentaje de filtración de las mascarillas de tela, pero un estudio realizado por MacIntyre et al. (2015), comprueba una mayor cantidad de contagios por infecciones virales, confirmadas por laboratorio, en personas que utilizaron mascarillas de tela y menor en el grupo de quienes utilizaron mascarillas médicas.

Considerando como antecedentes que los cubrebocas de tela tienen capacidad de filtración inferior a los quirúrgicos, la carencia de regulación, su carácter de unicapa, la ausencia de filtros y el diseño inapropiado para un buen ajuste, se resume que este conjunto de características le confieren una eficiencia moderada o baja y aunque la literatura coincide en que cualquier tipo de protección es mejor que no usar ninguna, son poco recomendados.

Cubrebocas quirúrgico

El cubrebocas quirúrgico, también llamado mascarillas quirúrgicas o mascarillas médicas suelen estar plegadas para permitir el ajuste alrededor de la cara, el clip nasal es ajustable para que el usuario ajuste la forma alrededor del puente nasal. Esto reduce el espacio entre la máscara y la cara, por lo tanto, evita una fuga excesiva de los márgenes de la máscara.

Según Arellano et al. (2020), tienen un diseño de protección unidireccional para capturar los fluidos corporales que salen del usuario, es decir, que impiden el paso de microorganismos presentes de adentro hacia afuera.

Su constitución de tres capas es descrita por Burbano (2020), como una capa de filtro colocada entre dos capas de tela no tejida, la capa intermedia del filtro suele estar hecha de materiales poliméricos como el polipropileno, material de baja densidad y resistente a la humedad, fabricado a través de una tecnología de soplado en fusión (aunque no es la única técnica posible). El proceso de soplado en fusión permite la formación de materiales con fibras no tejidas conocidas como tejidos no tejidos. Trabajos de investigación como el de Gazzola et al. (2014), definen un patrón no tejido como el resultado del enmarañamiento de las fibras causado por corrientes de aire caliente que genera una

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION

fuerza de arrastre a alta velocidad sobre el polímero que se dirige hacia un colector en las tres direcciones, x, y, z. Estos movimientos son los que conducen a enredos de las fibras y facilitan la formación de la estructura no tejida que posee características muy definidas en cuanto a porosidad, conectividad de los poros, diámetro de las fibras y módulo de elasticidad. La presión de aire y la distancia entre el punto de disparo del polímero y el colector son parámetros que se puede controlar para regular el tamaño de poro y su diámetro es fundamental en la elaboración de filtros para objetivos diversos, entre ellos la fabricación de cubrebocas.

Servín et al. (2020) menciona la existencia de un estudio en el cual se comparan las mascarillas quirúrgicas vs. respiradores N95 en un contexto médico, este estudio describe la efectividad para filtrar la entrada de partículas menores de 5 μm , demostrando que la mejor mascarilla quirúrgica ofrece una protección de 75% en comparación con más de 95% de un respirador N95.

La opinión de Lagarón et al. (2020), es que la mayoría de las barreras de filtrado de los cubrebocas convencionales no están funcionalizadas con biocidas o virucidas, por lo tanto, solo sirven como barrera física y en la mayoría de los casos tienen capacidad de filtrar partículas de diámetro mayor al de los microorganismos más pequeños como los virus y hace una consideración importante en cuanto a que tampoco los eliminan del tejido con el que entran en contacto. Por lo tanto, los microorganismos unidos a la superficie del cubrebocas pueden sobrevivir durante varias horas, lo que aumenta el riesgo de infección. Otra observación fundamental es que los filtros están hechos de materiales no biodegradables, por consecuencia, el uso masivo de este tipo de protección por parte de la población no médica puede acabar generando un problema medioambiental grave.

Los cubrebocas quirúrgicos, a diferencia de los de tela o caseros, obedecen a una normatividad, de acuerdo a la ASTM (2020), el rendimiento del material de las mascarillas médicas se basa en pruebas de eficiencia de filtración bacteriana, presión diferencial, eficiencia de filtración de partículas submicrónicas, resistencia a la penetración de sangre sintética e inflamabilidad según la norma ASTM F2100-19e1 “Especificación estándar para el rendimiento de los materiales utilizados en mascarillas médicas”.

Cubrebocas filtrantes N95, N99 y N100 o equivalentes

A diferencia de las mascarillas quirúrgicas, los cubrebocas filtrantes o respiradores están diseñados específicamente para proporcionar protección respiratoria al crear un sello hermético contra la piel y no permitir que pasen partículas que se encuentran en el aire, entre ellas, aquellas que contienen patógenos como el causante de COVID-19.

Las tres normas que regulan y vigilan la calidad de los respirados las menciona Parihar et al. (2020), a manera de resumen: según la norma E.E.U.U dada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), el certificado N95 clasifica respiradores de careta filtrante según su capacidad para filtrar gotas de aceite en nueve categorías: N, no resistente al aceite (N95, N99, N100); R, algo resistente al aceite (R95, R99, R100); y P, fuertemente resistente al aceite (P95, P99, P100).

Las mascarillas KN95 son las que se fabrican en China y cumplen con la norma china correspondiente GB2626-2006. KN significa apto para resistir partículas no aceitosas, como varios tipos de polvo, humo, mientras que KP significa apto para resistir partículas no aceitosas y partículas aceitosas. Los dígitos que conforman la designación alfanumérica, para ambas normas, indican el porcentaje de filtración lograda en las pruebas.

Las máscaras FFP1, FFP2 Y FFP3 son aquellas que siguen la norma europea EN149-2001 y le designa el dígito para indicar el porcentaje de filtración en 80%, 94% y 99% respectivamente.

Las máscaras o respiradores N95 se componen de cuatro capas, según Ren et al. (2020),: una capa exterior construida con polipropileno hidrofóbico no tejido que es resistente a la humedad, seguida

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION

de dos capas de filtro de polipropileno no tejido soplado en fusión que capturan partículas de varios tamaños a través de impacto inercial, intercepción, difusión y atracción electrostática, además de una capa interna que también está hecha de material de polipropileno no tejido resistente a la humedad. La calificación "N95" se basa en el rendimiento de estas capas de filtro e indica que la máscara puede recolectar al menos el 95 % de los aerosoles de prueba que tienen un diámetro medio de 0.3 μm .

Si bien el SARS-CoV-2 tiene un diámetro de 0.06 a 0.14 micras, de acuerdo con cifras citadas por Ramírez-Guerrero (2021), las partículas virales son casi siempre transmitidas por secreciones respiratorias de pacientes infectados, en forma de gotas que tienen dimensiones en el rango de 0.6 a 1,000 micras. Tal diámetro puede ser filtrado por los respiradores N95 y equivalentes logrando el mencionado 95 % de recolección.

Es gracias a la carga electrostática proveída en las dos capas filtrantes centrales que los cubrebocas de este tipo proporcionan una protección adecuada en dos direcciones, es decir, pueden filtrar tanto el aire entrante como el saliente. La atracción electrostática del material del filtro se logra una vez que el material es cargado electrostáticamente durante el proceso de fabricación para aumentar la captura de partículas, estas son atraídas hacia el filtro y quedan fijamente unidas a él. Hay dos tipos de filtros electrostáticos descritos por Fredes et al. (2013):

Filtros tribocargados: son filtros que se construyen con dos tipos diferentes de materiales, las fibras modacrílicas y las fibras de polipropileno. Durante el proceso de fabricación, estas fibras se frotan entre sí, creando fibras cargadas en forma positiva y otras en forma negativa; con las fibras tribocargadas se construye luego un fieltro no tejido, lo que proporciona el material del filtro.

Filtros fibrilados: se construyen de una lámina de polipropileno. Se aplica una carga electrostática a la hoja en forma de corona, implementando la aplicación de un electrodo de punto que emite iones a un lado de la hoja; una carga opuesta se aplica luego al lado opuesto de la hoja. Una vez cargada electrostáticamente, la hoja de material, a menudo, se denomina "electreto". A continuación, el material se separa en fibras mediante un proceso llamado fibrilación y luego se construye la lámina del filtro.

RESULTADOS

Acorde a la literatura consultada se construye la siguiente tabla que resume los datos obtenidos:

TABLA 1. TIPOS DE CUBREBOCAS

Tipo de cubrebocas	Cantidad de capas	Material de las capas	Material de filtración	Eficiencia	Recomendación de uso
De tela	1	Algodón, lino, celulosa, nylon, fleece o poliéster	Sin filtro	Inferior al del cubrebocas quirúrgico	Población en general
Quirúrgico o médico	3	Polipropileno generalmente	Polipropileno estructurado en fibras no tejidas	75 % **	Individuos con síntomas o sospechosos
Respiradores N95, N99 y N100 (o equivalentes)	4*	Polipropileno generalmente	Polipropileno en capas con carga electrostática	95, 99 y 99.97 % respectivamente	Personal médico y trabajadores de la salud

*Algunos autores reportan 5 capas, de funcionamiento muy semejante.

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION

**Hay diversidad de opiniones en cuanto al porcentaje, dado que las condiciones de ensayo pueden ser variables, aunque hay coincidencia en el sentido de que son inferiores al porcentaje de los respiradores.

Los porcentajes de filtración reportados en la literatura fueron obtenidos de acuerdo con las normas de calidad establecidas por los organismos citados y considerando que las mascarillas se ajustan a la cara adecuadamente sin permitir escape de partículas.

En este documento no se citan otros procedimientos como la aplicación de carbón activado en la construcción de filtros, o la aplicación de nanopartículas para matar bacterias a través de mecanismos que pueden causar la ruptura de la membrana celular, ni la aplicación de tecnología por impresión 3D o los respiradores purificadores de aire motorizados. Dado que son equipos de protección más sofisticados, son por consecuencia, más costosos y no se encuentran aún entre los más comúnmente utilizados.

CONCLUSIÓN

Los materiales, por naturaleza, poseen características que les confieren propiedades peculiares. Respecto a ellos se puede decir que unos son mejores que otros siempre y cuando se establezcan las condiciones específicas bien definidas bajo las cuales son analizados para establecer una comparación. En el caso particular de la intervención de los materiales en la elaboración de cubrebocas se observa que la combinación de dos capas de materiales o más y la funcionalidad que el material adquiere una vez que ha sido sometido a un determinado proceso son factores cruciales para la producción de filtros que cumplan con las características que satisfagan la captura de aerosoles.

Estableciendo como condiciones las exigencias de los filtros empleados en la construcción de cubrebocas de tela, quirúrgicos o respiradores se puede concluir que un número mayor de capas de material es mejor que uno menor; los materiales tratados para filtrar en forma bidireccional son mejores que los unidireccionales; los materiales sometidos a cargas electrostáticas son capaces de atraer partículas, los no sometidos son incapaces de desempeñar esta función; los materiales expuestos a procesos bajo normatividad pueden desempeñar mejor rendimiento que los no expuestos. Esto explica por qué los materiales de los respiradores N95 o equivalentes son mejores en cuanto a porcentaje de filtración que los quirúrgicos y estos a su vez mejores que los de tela caseros.

Finalmente, cabe resaltar la relevancia del ajuste del cubrebocas y su higiénica manipulación pues estas acciones son determinantes para lograr el gran objetivo de maximizar la filtración y minimizar la fuga pues de nada servirá que la mascarilla sea de alta calidad si esta es minimizada por el manejo inadecuado del usuario.

DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION**REFERENCIAS**

- Pérez S., (2021). Coronavirus. El cubrebocas ¿llegó para quedarse? Ciencia UNAM-DGDC, 24 septiembre. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC).
- Ramirez-Guerrero. (2021). La importancia del cubrebocas en la población general durante la pandemia de covid-19. Medicina interna de México, 37, 94-109.
- Vaqué Rafart, J. (2005). Síndrome respiratorio agudo grave (SARS). Anales de pediatría. 62 (S1): 6-11. <https://www.analesdepediatria.org/es-sindrome-respiratorio-agudo-grave-sars--articulo-13074489>
- Bourouiba L. (2020). Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. JAMA. 323(18):1837–1838. doi:10.1001/jama.2020.4756
- Alonso, M., & Alguacil, F. J. (2001). Introducción a la filtración de aerosoles. Revista De Metalurgia, 37(6), 693–712. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.2001.v37.i6.536>
- Hirschmann, M., Hart, A., & Henckel, J. et al. (2020). Coronavirus COVID-19: equipo de protección personal recomendado para el cirujano ortopédico y traumatólogo. Rodilla Cirugía Deportiva Traumatol Arthrosc 28, 1690–1698. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06022-4>
- MacIntyre, C., Seale, & H., Dung, TC., et al. (2015). Un ensayo aleatorio grupal de máscaras de tela en comparación con máscaras médicas en trabajadores de la salud. Abierto BMJ; 5: e006577. doi: 10.1136/bmjopen-2014-006577
- Arellano-Cotrina, J., Marengo, N. Atoche-Socola, K.J., Peña, C. & Arriola-Guillén, L. (2020.) Efectividad y Recomendaciones para el Uso de Mascarillas Dentales en la Prevención del COVID-19: Una Revisión de la Literatura. Publicado en línea por Cambridge University Press
- Burbano , V. (2020). Prendas de protección de uso odontológico como medidas de bioseguridad en tiempos de pandemia covid19. Tesis de grado. Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Gazzola, W., Hammonds, R., & Benson, R. (2014). Efecto de las propiedades físicas de esterillas no tejidas de poli (ácido láctico) sobre la adhesión y proliferación celular. Revista Iberoamericana de Polímeros, 15(3), 158-171.
- Servín, E., Nava L, H., Romero, A., Sánchez, F., & Huerta, G. (2020). Equipo de protección personal y COVID-19. Cirujano general, 42(2), 116-123. Epub 04 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.35366/95370>
- Lagarón, J., de las Mercedes, P., & Chiva, A. (2020). Filtro multicapa con propiedades antimicrobianas y su uso en aplicaciones de respiradores y mascarillas protectoras. <http://hdl.handle.net/10261/242170>
- ASTM Internacional. (2020). ASTM F2100-19e1. Especificación estándar para el rendimiento de los materiales utilizados en mascarillas médicas. doi: 10.1520/F2100-19E01

**DISEÑO DE CUBREBOCAS: MATERIALES Y PROCESOS QUE
DETERMINAN EL GRADO DE EFICIENCIA EN LA FILTRACION**

Parihar, A, Sahoo, R. & Parihar, S. (2020). Práctica dental en tiempos de Covid: una descripción general. Revista india de medicina preventiva y social, 51 (2), 48-60.
<http://www.ijpsm.co.in/index.php/ijpsm/article/view/252>

Ren, Y., Feng, C., Rasubala, L., Malmstrom, H., & Eliav, R. (2020). Riesgo para los profesionales de la salud dental durante la pandemia mundial de COVID-19: una evaluación basada en evidencia. Diario de odontología. 101,1. Doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103434.

Fredes, S., Gogniat, E., Plotnikow, G., Rodrigues., & La Moglie, R. (2013). Utilización de filtros bacterianos/virales durante ventilación mecánica invasiva. Revista Argentina De Terapia Intensiva, 30(1). <https://revista.sati.org.ar/index.php/MI/article/view/340>

