Modelo de evaluación económica para mascarillas desechables N95 versus máscaras elastómeras de media pieza facial reutilizables con filtros intercambiables P100

Germán Sepúlveda Londoño

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Departamento Especialidades Quirúrgicas
Programa de Anestesiología y Reanimación
Bogotá, Colombia
2023

Modelo de evaluación económica para mascarillas desechables N95 versus máscaras elastómeras de media pieza facial reutilizables con filtros intercambiables P100

German Sepúlveda Londoño

Directora:
María Patricia Gómez
Médico especialista en anestesiología y en dolor y cuidados paliativos
Profesora Universidad Nacional de Colombia

Codirector:
David Alberto Rincón Valenzuela
Médico especialista en anestesiología, magister en epidemiologia
Profesor Universidad Nacional de Colombia

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Departamento Especialidades Quirúrgicas
Programa de Anestesiología y Reanimación
Bogotá, Colombia
2023

Índice

Resumen 2
Introducción 4
Justificación 7
Objetivos 7
Objetivo General 7
Objetivos específicos 8
Metodología 8
Aspectos éticos 10
Resultados 10
Herramienta de cálculo 10
Figura 1. Herramienta de cálculo para comparar costos originados por el uso de mascarillas N95 versus máscaras elastoméricas. 11
Costos de máscaras en el mercado 11
Costos por adquisición de máscaras 12
Costos derivados de otros consumibles 12
Tabla 1. Costo total promedio derivado del uso de máscaras N95 comparado a máscara elastomérica con filtros intercambiables P100, por médico al mes. 13
Costo total 14
Figura 2. Costos promedio derivados del uso de mascarillas N95 comparados con máscara elastomérica con filtros P100. 14
Análisis de sensibilidad de una vía 14
Figura 3. Costos derivados por la adquisición de mascarillas N95 comparada a máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100. 15
Discusión 15
Bibliografìa 18

Modelo de evaluación económica para mascarillas desechables N95 versus máscaras elastómeras de media pieza facial reutilizables con filtros intercambiables P100

Resumen

Antecedentes: La pandemia por COVID-19 ha acarreado grandes impactos en nuestro modo de vivir, incluido el económico. Ante la escasez de equipos de protección como mascarillas N95, otros equipos igual de efectivos surgieron como opciones, tales como las máscaras elastoméricas con filtros intercambiables. Sin embargo, aún permanece sin ser estudiado a profundidad hasta qué punto una de las dos opciones sea más beneficiosa desde un punto de vista económico. **Objetivo**: Esta investigación tiene como objetivo principal comparar los costos de ambos tipos de máscaras y diseñar una herramienta de cálculo para ello. **Métodos**: El estudio fue un análisis prospectivo, descriptivo, transversal, de costos, utilizando en un modelo teórico de uso de mascarillas N95 versus máscaras elastoméricas P100. **Resultados:** Se demostró que, si bien las máscaras elastoméricas son significativamente más costosas que las mascarillas N95, la diferencia entre el gasto anual por adquisición de ambos tipos de máscaras, favorece un ahorro significativo de $ 3.057.962 pesos colombianos (COP) por médico, a favor de la compra de máscaras elastoméricas, permaneciendo constantemente menor a lo largo del año, incluso al hacer los análisis con los precios más elevados del mercado. Esto, esta inherentemente ligado a la capacidad de poder reutilizarlas. **Conclusión**: Las máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100 pueden plantearse como una mejor opción económica en el horizonte de tiempo de un año, con respecto a las mascarillas N95.

Palabras clave: mascarillas, N95, máscaras elastoméricas, COVID-19

Economic evaluation model for N95 disposable masks versus reusable half-facepiece elastomeric masks with interchangeable P100 filters

Abstract

Background: The COVID-19 pandemic has had great impacts on our way of life, including economically. Given the shortage of protective equipment such as N95 masks, other equally effective equipment, such as elastomeric masks with interchangeable filters, have emerged as options. However, it has not yet been in depth studied to what extent one of the two options is economically more advantageous. **Objective:** The main objective was to compare the costs of both types of masks and to design a calculation tool for it. **Methods:** A prospective, descriptive, cost analysis was made, based on a theoretical model of the use of disposable N95 masks versus reusable elastomeric masks, with interchangeable P100 filters. **Results:** We found that although elastomeric masks are significantly more expensive than N95 masks, the difference between the annual costs per acquisition of both types of masks favors a significant saving of $ 3,057.962 COP per doctor, in favor of the purchase of elastomeric masks, remaining constantly lower throughout the year, even when analyzing the highest prices in the market. This is of course relate, to the ability to reuse them. **Conclusion:** We can conclude that elastomeric masks with interchangeable P100 filters can be considered as a better economic option during a one-year time horizon, when compared to N95 masks.

Keywords: masks, N95, elastomeric masks, COVID-19

Introducción

En diciembre de 2019, en China, se identificó una nueva variante de coronavirus denominada como SARS-CoV2, causante de la enfermedad por coronavirus (COVID-19, del inglés, *Coronavirus Disease* 2019). Siendo declarada como pandemia tres meses después dada su acelerada expansión mundial, con una cifra aproximada de 637.000.000 de casos confirmados y algo más de 6.600.000 muertes (1).

Esta pandemia ha generado grandes desafíos cuya resolución ha ido dejando huellas en la manera de administrar los servicios de salud (2). Esto ha sido muy notorio especialmente al analizar los mecanismos utilizados para proteger a médicos y otros trabajadores de la salud al momento de manejar pacientes con enfermedades transmitidas por aerosoles (3). Muchas recomendaciones han surgido entonces en lo que respecta a estrategias emanadas desde rectores de salud, que han sido puestas en práctica tanto por la comunidad del campo de la salud como por la población general.

De todas las medidas que se implementaron, el uso de tapabocas, mascarillas o máscaras elastoméricas con filtros P100 ha sido la principal (4, 5), siendo ampliamente recomendadas como medida de protección para evitar contagios, debido a la alta protección que brindan (5, 6).

Según la Organización Mundial de la Salud en Colombia se han confirmado aproximadamente 6.400.000 casos, con una cifra aproximada de 142.000 fallecidos (7). Estas cifras, además de reflejar el obvio impacto a nivel individual, obligan a analizar los aspectos económicos del impacto que puede causar en los sistemas de salud y en los proveedores, el proteger al personal de salud que maneja pacientes durante una pandemia.

De manera similar a otros virus, la transmisión del SARS-CoV-2 se transmite por aerosoles, contacto estrecho, por fómites o en ausencia de estos en lugares con escasa ventilación (8, 9). La amplia variedad de mecanismos de transmisión hace necesarias medidas de protección rigurosas, tomando especial cuidado en la consideración de la protección de las vías respiratorias con métodos de alta eficacia científicamente comprobada, por lo que se han generado recomendaciones acordes al riesgo que representen las diferentes actividades y exposiciones (4, 5, 10).

De allí que, en la actualidad las medidas más efectivas sean el lavado de manos, el distanciamiento social y el uso de máscaras faciales tipo N95 o máscaras elastoméricas con filtros P100, que, si bien son recomendadas para la población en general, son actualmente de uso obligatorio no solo por parte del personal de salud, sino también de otros rubros como manejo y producción de alimentos, atención a clientes, limpieza, entre otras (11).

Las primeras descripciones del uso de protección respiratoria, de forma obligatoria para disminuir la transmisión de enfermedades transmitidas por el aire, se remontan a inicios del siglo XX, cuando en Manchuria, China se da la Gran Plaga. Se identificó que el uso de mascarillas o tapabocas era una medida preventiva que permite controlar la propagación debido al efecto barrera contra los microorganismos patógenos que están en el ambiente (12).

Ahora bien, mucha ha sido la evolución de los tapabocas como medida de protección desde ese entonces y en la actualidad son mucho más eficaces dado el gran desarrollo en cuanto a mejora de materiales y estudios de filtrado de partículas (13).

En cuanto a lo anterior, las mascarillas N95 protegen a los usuarios con 95% de eficiencia de filtración para partículas con tamaños comprendidos entre 0,1−0,3 µm y aproximadamente 99.5% para partículas de mayor tamaño, esto se obtiene mediante la disposición de tres componentes estructurales: capa exterior, filtro, e interior (14). No obstante, estas mascarillas son desechables.

Las máscaras elastoméricas, de acuerdo al CDC (Centro de Control de enfermedades) constan de piezas faciales "…hechas de caucho sintético o natural, pueden ser repetidamente usadas, limpiadas, desinfectadas, almacenadas y reusadas. Están disponibles como alternativas a los respiradores medias-máscaras como las N95" (15).

Bajo las condiciones señaladas anteriormente, las mascarillas N95 no pueden ser reutilizadas, lo que representa la principal desventaja de este equipo al compararlo con las máscaras elastoméricas (16). Sin embargo, de acuerdo al CDC, estas últimas deben ser utilizadas con filtros P100 los cuales sí son intercambiables y presentan una eficacia de 99,97% para el filtrado de partículas de 0,3 µm (17). Igualmente especifican que "si bien a menudo es posible descontaminar la carcasa exterior dura de los filtros, el material

del filtro en sí mismo normalmente no se puede limpiar o desinfectar para su reutilización. En cambio, los componentes del filtro deben desecharse cuando se dañan, ensucian u obstruyen" (15).

En todo el mundo se han ejecutado diferentes estrategias con el fin de garantizar y optimizar la protección de los empleados del área de la salud, en tiempos de dificultades económicas y desabastecimiento (18).

En un estudio llevado a cabo por Chalikonda y cols. en 2020, se planteó iniciar un programa con el objetivo de reducir la dependencia de las mascarillas N95, adquiriendo como sustituto máscaras elastoméricas P100, encontrando que las necesidades de mascarillas N95 se redujeron hasta en un 95%, evidenciando además que, con esta medida, el costo para la institución fue 10 veces menor por mes al comparar ambos equipos (19).

Esta investigación antes mencionada es importante porque además señalan desde su experiencia, que crear un programa de desinfección para las máscaras elastoméricas reusables no representa un desafío operativo mayor que los programas de esterilización de mascarillas desechables N95, siendo esta otra ventaja adicional (19).

Ahora bien, si bien la necesidad de limpieza utilizando productos adicionales pudiera representar una desventaja, de acuerdo al principal proveedor de máscaras elastoméricas a nivel mundial, los posibles métodos de limpieza de las máscaras elastoméricas involucran soluciones de hipoclorito de sodio y de isopropanolol al 70%, los cuales están ampliamente distribuidos y disponibles (20).

A pesar de todo lo anteriormente descrito, las recomendaciones de protección con tapabocas han favorecido rápidamente el aumento en la demanda de dichos insumos. De acuerdo a algunos investigadores, el abastecimiento limitado de las diferentes máscarillas a nivel mundial, sumado al aumento desproporcionado dado por la incertidumbre por adquisición de estos insumos, además del mal uso de los equipos, ha “abrumado” a la capacidad mundial de producción, agotando las existencias lo que provoca aumentos significativos de precios (21).

Tomando esto en cuenta y sabiendo que a las consecuencias directas sobre la salud, se añaden aquellas socioeconómicas de la COVID-19 (22), surge la relevancia de

los análisis de costos de insumos que pueden ser utilizados como protección ante cualquier enfermedad transmitida por aerosoles, a saber, fundamentalmente, las mascarillas N95 y las máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100. En este trabajo se buscará demostrar si existe algún beneficio económico al comparar ambos tipos de insumos.

Justificación

Las entidades de salud están asumiendo elevados costos tratando de proteger a sus empleados durante la pandemia (23), y se hace necesario el estudio de opciones que permitan conocer y comparar los costos originados por el uso de elementos de protección personal (EPP), especialmente, los dos tipos de máscaras mencionadas anteriormente que son las que han demostrado mayor efectividad.

De allí que la ejecución del presente análisis de costos, se encuentre plenamente justificado como importante herramienta de gestión, demostrando cuál es la mejor opción de ahorro, en la línea de protección de la transmisión por aerosoles, entre el uso de mascarillas N95 y máscaras elastoméricas con filtros P100, teniendo en cuenta su vida útil, precios, además establecer las diferentes ventajas que ofrece cada alternativa, sabiendo que ambos tipos de dispositivos médicos están autorizados por la OSHA y FDA y además son equivalentes en cuanto a protección (15).

Planteamiento del problema

Lo anteriormente señalado, permite plantear el problema de investigación:
¿Qué dispositivo de protección en la transmisión por aerosoles, mascarillas desechables N95 versus máscaras elastoméricas reutilizables, ofrecen la mejor opción de ahorro?

Objetivos

Objetivo General

Hacer un análisis descriptivo de costos para mascarillas desechables N95 y máscara elastoméricas reutilizables, con filtros intercambiables P100.

Objetivos específicos

1. Construir una herramienta en Microsoft Excel que permita calcular la mejor opción económica al comparar mascarillas desechables N95 con máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100.
2. Comparar los diferentes costos entre las mascarillas N95 y las máscaras elastoméricas de media pieza facial con filtros intercambiables P100.
3. Establecer cuál es la mejor opción de abastecimiento de elementos de protección para enfermedades transmisibles por aerosoles.
4. Servir de referencia a las instituciones de salud en Colombia, al momento de invertir en EPP, concretamente en la línea de protección para enfermedades transmisibles por aerosoles.

Metodología

Diseño del estudio

Se hizo un análisis prospectivo, transversal, descriptivo, de costos. Para llevar a cabo el mismo, se estableció un modelo teórico de uso de mascarillas desechables N95 versus máscaras elastoméricas reutilizables, con filtros P100. Se procedió, mediante una investigación de campo, a indagar sobre el rango de precios para cada una de las variables mediante una búsqueda en el mercado nacional.

La perspectiva del estudio involucra la del proveedor de servicios sanitarios y sus costos directos.

Características del modelo teórico

Se tendrán en cuenta las siguientes variables: Precios de máscaras elastoméricas, precios de mascarillas N95, precios de filtros P100 para máscaras elastoméricas, unidades a consumir por mes de cada uno de los anteriores, precio de espuma desinfectante Miliseptol® y mililitros a consumir por limpieza, precio de toallas Wypall® y cantidad a consumir por limpieza, número de limpiezas a realizar por medico al día. Así mismo se incluye la variable número de médicos a proteger.

El modelo a analizar asumió un escenario con las siguientes características: a) las máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100 tienen una vida media útil de seis meses (27), b) los filtros P100 tienen una vida útil de un mes (28), el consumo de

los filtros será de 1 por mes, c) la limpieza de las máscaras elastoméricas se realiza con 10 mililitros de Miliseptol® y con media toalla Wypall® por máscara, una vez al día, d) dado que el CDC considera que se puede “extender el uso de respiradores N95 usando el mismo N95 para encuentros de contacto cercano repetidos con varios pacientes diferentes sin quitarse el respirador” (29), el consumo de mascarillas N95 es de una por día, e) el número de médicos a proteger: 1, ya que los costos fueron calculados por médico. El horizonte de tiempo a evaluar fue de un año.

Se diseñó una herramienta para analizar las variables ya mencionadas en el programa Microsoft Excel (Microsoft Corp., 2018) con la posibilidad de modificar los valores de las mismas. Posteriormente se comprobó la robustez de los resultados obtenidos mediante un análisis de sensibilidad de una vía, al modificar solamente el valor de los precios unitarios de ambos tipos de máscaras. Estas variaciones simulan las variaciones en el mercado considerando los precios obtenidos en la investigación de campo, asumiendo que las demás variables permanezcan constantes. Los costos se describen en pesos colombianos para el año 2022 y son analizados en función de médico al mes y médico al año.

Para el diseño de la herramienta, se diseñaron fórmulas matemáticas que se computaron en la hoja Excel, a fin de que los datos a ingresar sean directos y no tengan que ser procesados previamente por el operador. Un gráfico de barras se genera automáticamente al ingresar datos en la herramienta.

Procesamiento estadístico

Las variables numéricas se resumieron como promedios y rango intercuartil, considerando que se adapta mejor a la naturaleza de los datos.

Audiencia objetivo

Este estudio va dirigido a gestores de salud pública, directores de instituciones o responsables de presupuesto hospitalario, tomadores de decisiones, responsables de presupuestos y otras partes interesadas con las que el responsable del presupuesto debe interactuar. Así mismo, tiene una perspectiva enfocada en el día a día de un médico que atiende pacientes para los cuales se requiere el uso de protección respiratoria.

Aspectos éticos

De acuerdo a la resolución 8430 de 1993 (24): “Se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, este estudio clasifica sin riesgo ya que: no se realizará ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, sicológicas o sociales de los individuos que participaron en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta”. Igualmente, se garantizará la confidencialidad de los proveedores de equipos médicos.

El trabajo de investigación se sometió a la revisión y aprobación por el comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y no se reportan aspectos éticos ni de impacto ambiental. De igual forma, los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés derivados de la investigación, ni asociaciones comerciales con ningún proveedor de los materiales médicos o de limpieza investigados.

Resultados

Herramienta de cálculo

Para ejecutar los cálculos se diseñó una herramienta tipo calculadora que permite modelar y comparar las variables de interés en Microsoft Excel (Figura 1). Se compone de tres columnas a saber: columna de tipo de costo, columna de mascarillas N95 y columna de máscaras elastoméricas.

Los tipos de costos analizados son las variables a considerar al realizar la comparación, incluyendo los relacionados a las máscaras propiamente dichas (equipo) y los filtros P100. En el modelo, estas variables pueden introducirse según las cotizaciones realizadas por las partes interesadas.

La limpieza incluye especificaciones sobre los mililitros de Miliseptol®, cantidad de toallas Wypall® a utilizar y números de limpiezas a realizar por día y además, el número de médicos a proteger. Tomando en cuenta que los usuarios pueden tener necesidades diferentes en cuanto a estos requerimientos, estos datos pueden ser

modificados de acuerdo al interés del operador, a excepción de las casillas sombreadas con gris, que no aplican.

Finalmente, luego de que la información requerida es introducida por el operador, se obtiene el costo por mes y por año generado por el uso de ambos tipos de máscaras. Los costos totales son también representados mediante un gráfico de barras, localizado al lado de la herramienta (Figura 2). Esta herramienta se puede encontrar como archivo descargable.

Figura 1. Herramienta de cálculo para comparar costos originados por el uso de mascarillas N95 versus máscaras elastoméricas.

CALCULADORA DE COSTOS MÁSCARILLAS N95 COMPARADAS A ELASTOMÉRICAS CON FILTROS P100

TIPO DE COSTO		N95	Máscara elastoméricas con filtros intercambiables P100
EQUIPO	Precio unitario promedio	8.874,20	68.375,00
	Unidades a consumir mes / médico	30	1
FILTROS	Precio unitario promedio		62.125
	Unidades a consumir mes / médico		1
LIMPIEZA	Espuma desinfectante Meliseptol (750 ml)		17.865
	Mililitros a consumir por limpieza		10,0
	Toalla Wypall® (precio rollo 60 Uds)		17.000
	Toallas a consumir por limpieza		0,5
	Número de limpiezas a realizar día / médico		1
NÚMERO DE MÉDICOS A PROTEGER		1	1
COSTOS / MES	1	$ 266.226,00	$ 141.896,00
	2	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	3	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	4	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	5	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	6	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	7	$ 266.226,00	$ 141.896,00
	8	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	9	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	10	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	11	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	12	$ 266.226,00	$ 73.521,00
COSTO ANUAL		$ 3.194.712,00	$ 1.019.002,00

Costos de máscaras en el mercado

Se investigaron un total de 4 proveedores de máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100 y 5 proveedores de mascarillas N95. El mínimo y máximo precio

para máscaras N95 fue $7.957 pesos colombianos (COP) y $9.189 COP respectivamente, con un promedio de $8.874 (RIQ: $ 120) COP. Para las máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100, el mínimo y máximo precio obtenido fue $49.000 COP y $ 85.000 COP respectivamente, con un promedio de $68.375 (RIQ:$18.250) COP, siendo esta máscara $59.500 (95%IC: $44.136-$74.865) COP significativamente más costosa que una mascarilla N95.

Costos por adquisición de máscaras

Se asumió que un médico utiliza un total de 30 mascarillas N95 por mes, con un costo de adquisición promedio de $8.874 COP por médico al día. Esto se traduce en un costo de $266.226 COP por cada médico al mes, y de $3.194.712 COP por cada médico al año.

Por otro lado, asumiendo que la vida útil de la máscara elastomérica con filtros intercambiables P100 es de seis meses, el costo promedio de adquisición de dicho equipo es de $68.375 COP por médico. Es de interés hacer notar que este costo solo se origina al momento de la adquisición del equipo y al séptimo mes, sin ningún costo derivado de este concepto durante los meses dos al seis y ocho a doce. Es así como la adquisición de máscaras elastoméricas origina un costo de $136.750 COP por médico al año.

La diferencia entre el costo anual por adquisición de ambos tipos de máscaras, favorece un ahorro de $3.057.962 COP por médico, a favor de la compra de máscaras elastoméricas.

Costos derivados de otros consumibles

El precio promedio de los filtros intercambiables P100 requeridos para el uso de máscaras elastoméricas, es de $62.125 (rango $25.500) COP por unidad. Asumiendo una vida media útil de un mes, el costo total concerniente a filtros P100, oscila entre $606.000 y $912.000 COP por médico por año, en promedio, $745.500 COP.

Así mismo, otros gastos son originados por el uso de máscaras elastoméricas. La desinfección del equipo se realiza con espuma desinfectante Meliseptol®, disponible en una presentación de 750 ml, a un costo de $17.865 COP. Se determinó que para realizar

la limpieza son requeridos 10 ml por máscara, para un total de 300 ml por máscara al mes, generándose así un costo de $7.146 COP por máscara por mes.

Igualmente, para ejecutar la limpieza, se hace necesaria media toalla Wypall®, las cuales están disponibles en una presentación de rollo de 60 unidades, a un precio de $17.000 COP, por lo que el costo por uso de media toalla Wypall® es de $4.250 COP por máscara al mes. Ahora bien, incluyendo el consumo de Miliseptol® y toallas Wypall®, el costo total derivado de la limpieza de la máscara elastomérica es de $11.396 COP por máscara al mes, y un total de $136.752 COP por máscara por año.

Los gastos de limpieza se presume que variarán según la cantidad de productos que se utilice en cada institución, así como la cantidad de limpiezas que se hagan diariamente. Estos cálculos fueron realizados asumiendo solo una limpieza diaria. Contrariamente a las máscaras elastoméricas, no se originan gastos de limpieza por el uso diario de máscaras N95.

Tabla 1. Costo total promedio derivado del uso de máscaras N95 comparado a máscara elastomérica con filtros intercambiables P100, por médico al mes**.**

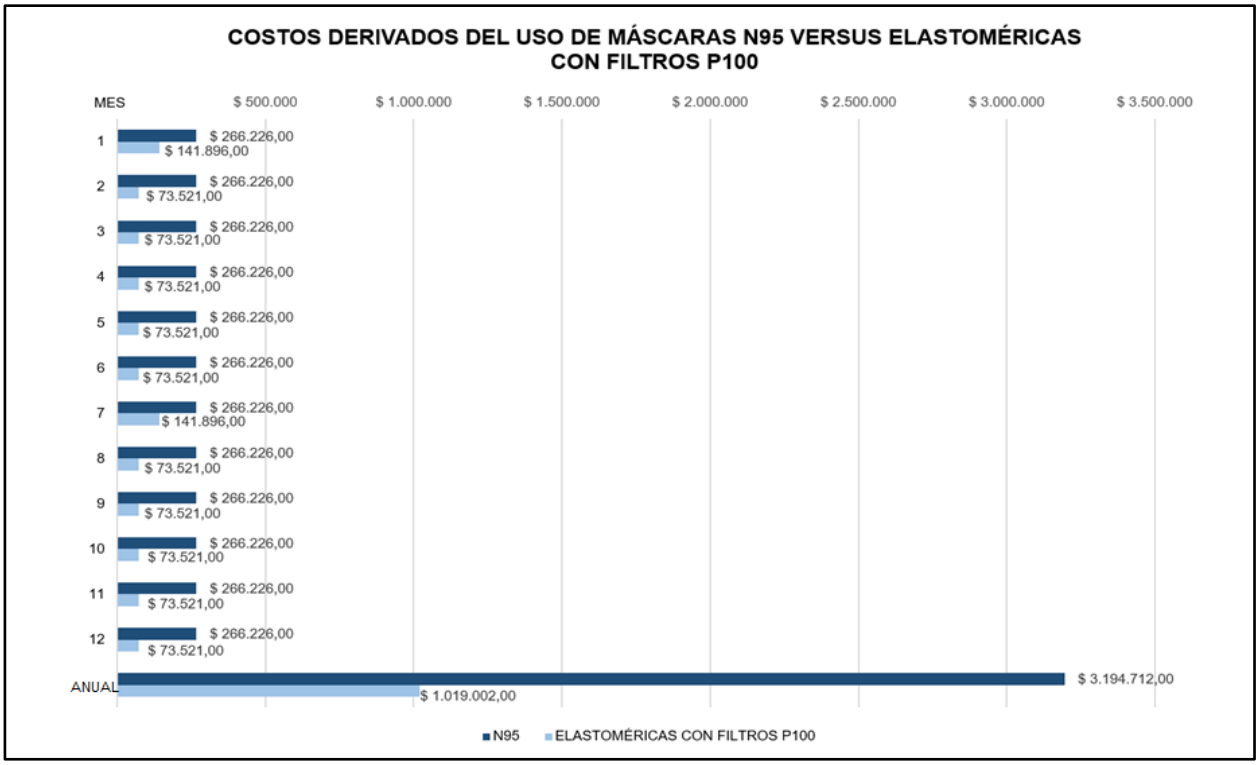
TIPO DE COSTO		**N95**	**Máscara elastomérica con filtros intercambiable P100**
EQUIPO	Precio unitario promedio	8.874,20	68.375,00
	Unidades a consumir por médico al mes	30	1
FILTROS	Precio unitario promedio	-	62.125
	Unidades a consumir por médico al mes	-	1
LIMPIEZA	Espuma desinfectante Meliseptol (750 ml)	-	17.865
	Mililitros a consumir por limpieza	-	10,0
	Toalla Wypall® (precio rollo 60 Uds)	-	17.000
	Toallas a consumir por limpieza	-	0,5
	Número de limpiezas a realizar por médico al día	-	1
NÚMERO DE MÉDICOS A PROTEGER		1	1
COSTOS POR MES	Mes 1	$ 266.226,00	$ 141.896,00
	Mes 2	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	Mes 3	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	Mes 4	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	Mes 5	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	Mes 6	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	Mes 7	$ 266.226,00	$ 141.896,00
	Mes 8	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	Mes 9	$ 266.226,00	$ 73.521,00
	Mes 10	$ 266.226,00	$ 73.521,00

Mes 11	$ 266.226,00	$ 73.521,00
Mes 12	$ 266.226,00	$ 73.521,00
COSTO ANUAL	**$ 3.194.712,00**	**$ 1.019.002,00**

Costo total

Al año, el costo total originado por el uso de máscara elastomérica con filtros intercambiables es de $1.019.002 COP, lo que representa el 31,89% del gasto originado por el uso de mascarillas N95, cuyo costo anual es de $3.194.712 COP (Figura 2 y Tabla 1).

Figura 2. Costos promedio derivados del uso de mascarillas N95 comparados con máscara elastomérica con filtros P100.



Análisis de sensibilidad de una vía

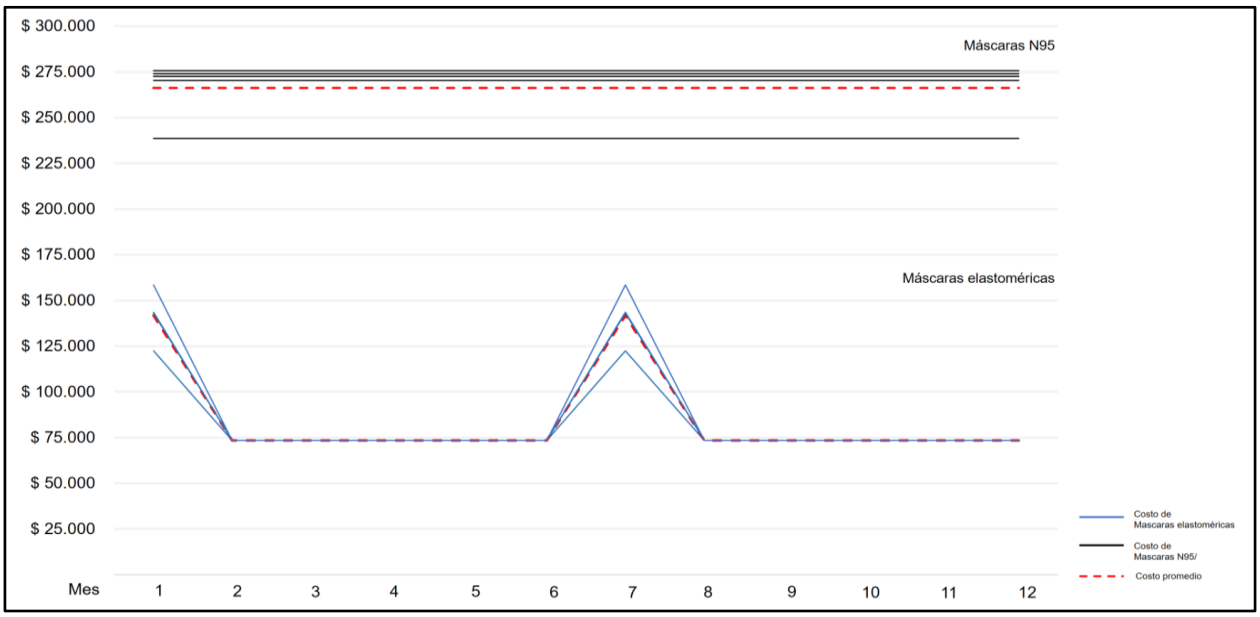
El análisis de sensibilidad se ejecutó considerando los precios disponibles según los distintos proveedores de máscaras. Esto con la intención de mantener las posibles variaciones dentro de los límites que se encuentran en el mercado colombiano. Se evidenció entonces que el costo anual derivado de la adquisición de máscaras

elastoméricas con filtros intercambiables, permanece constantemente menor con respecto a los costos generados por la adquisición de máscaras N95. Esto es así incluso al tomar en cuenta el precio más elevado encontrado en el mercado (Figura 3).

Estos hallazgos son compatibles con los del análisis primario, asumiendo que solo varíe el precio de la máscara elastomérica, mientras el de las N95 permanezca fijo, así como los gastos de limpieza y el número de las mismas.

Desde otra perspectiva, se analizó el comportamiento de los costos al aumentar teóricamente el precio de la máscara elastomérica. Se evidenció que su valor tendría que aumentar en un 1.691% hasta un valor de $1.156.230 COP por unidad para igualar a los gastos por uso de mascara N95 en un año, asumiendo las mismas condiciones ya descritas del análisis primario.

Figura 3. Costos derivados por la adquisición de mascarillas N95 comparada a máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100.



Discusión

La presente investigación indica que las máscaras elastoméricas con filtros intercambiables P100 pueden plantearse como una mejor opción económica en el horizonte de tiempo de un año, con respecto a las mascarillas N95, al momento de considerar protección para médicos en el manejo de pacientes con COVID-19, siempre

y cuando se mantengan los parámetros de limpieza y recambio de filtros asumidos en este estudio, los cuales son los que usualmente se utilizan en las salas destinadas a la atención de estos pacientes.

La principal fortaleza de este estudio es que se analizaron los costos mediante el uso de una herramienta que permite computar las principales variables, las cuales pueden ser adaptadas a las necesidades del operador, y que influyen directamente en la toma de decisiones al momento de elegir entre mascarillas desechables N95 y máscaras elastoméricas reutilizables, con filtros intercambiables P10.

No obstante, los resultados deben ser considerados con cuidado, resaltando que se trata de un modelo teórico donde solo se modificó una variable (costos de las máscaras). Añadido a esto, se debe tomar en cuenta que solo se tuvo acceso a un escaso número de proveedores, no obstante, es de notar que la variación en los precios entre ellos, permite derivar resultados sólidos. Por otro lado, gastos derivados del desecho de los materiales, no se consideraron para el análisis, por lo que los resultados de este estudio no pueden extenderse hasta ese aspecto, limitándose a su vez la generalización de los hallazgos.

Como era de esperar, los precios variaron significativamente de acuerdo al tipo de máscara a considerar, esto era predecible por múltiples razones, siendo la más probable que los materiales utilizados para elaborar cada tipo de máscara, son diferentes. Es así como, las mascarillas N95 son producidas con materiales que involucran una mezcla de materiales textiles, algodón y capas de filtro (14), los cuales tradicionalmente suelen tener menor costo que los materiales con los que se fabrican las máscaras elastoméricas, los cuales son materiales sintéticos plásticos o caucho, que no contienen látex además están diseñadas para ser reutilizadas con filtros reemplazables (15, 25).

No obstante, la característica de fundamental importancia para el presente análisis, y que representa la ventaja económica de las máscaras elastoméricas, es que pueden ser repetidamente desinfectadas, limpiadas y reutilizadas (26). Aunque esto pudiera representar un gasto sobreañadido, en este estudio se evidenció cómo los costos originados por el uso de máscaras elastoméricas son significativamente menores, permaneciendo siempre por debajo de los originados por las mascarillas N95, incluso

cuando se consideran gastos derivados de filtros intercambiables y limpieza de las primeras.

En este sentido, el análisis de sensibilidad de una vía que resultó de ingresar precios incrementales en el costo unitario de las máscaras elastoméricas, encontró resultados consistentes con los hallazgos anteriormente señalados, por lo que se consideran como resultados robustos.

Si bien otras variables distintas al precio unitario de la máscara no fueron exploradas, los costos generados por mascarillas N95 son grandes, incluso cuando estas son esterilizadas y reusadas. Es así como en la investigación de Chalikonda y cols.(19), donde se plantearon reducir la dependencia de las mascarillas N95 iniciando un programa escalonado para adquirir mascarillas elastoméricas P100 como sustituto de la reutilización y esterilización de mascarillas N95 desechables, encontró que el costo era, conservadoramente, 10 veces menor por mes al adquirir máscaras elastoméricas comparado al comprar mascarillas N95 desechables, y que el costo-beneficio aumenta cuanto más tiempo se necesitan, siendo estos hallazgos congruentes con los de la presente investigación.

Algunos aspectos interesantes se deben tomar en cuenta, si bien en este estudio se asume el recambio de la máscara elastomérica a los 6 meses de uso, otros autores han descrito que, recibiendo un mantenimiento regular, se pueden utilizar durante períodos más prolongados, incluso años (27). Por su parte, Bowdle y cols. señalan que dichas máscaras pueden proporcionar una solución duradera durante una pandemia (25), lo que plantearía una posibilidad interesante de mayor reducción de costos que puede ser profundizada en investigaciones futuras, modificando esta y otras variables, sin embargo, esto escapa al alcance de esta investigación.

Al conocimiento de los autores, este es el primer análisis de costos que compara máscaras elastoméricas que utilizan filtros intercambiables P100, con mascarillas N95, en Colombia y Latinoamérica, lo que implica que la herramienta desarrollada en este estudio, pudiera permitir aportar mecanismos para estructurar la base de la toma de decisiones a nivel local, y a futuro se podrían evaluar nuevas posibilidades de ahorro económico en un mundo donde aún son tangibles las consecuencias de la pandemia por COVID-19.

Dado el gran impacto económico global que la pandemia por SARS-CoV-2 ha generado (30), análisis y modelos que permitan calcular costos a mediano y largo plazo, se hacen cada vez más necesarios y deben ser considerados en futuras investigaciones, en pro de minimizar dichos impactos y estar a la altura de los retos que nuevas pandemias presenten.

Bibliografìa

1. Organización Mundial de la Salud. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. WHO. 2022. Accedido octubre 25, 2022. https://covid19.who.int/#:~:text=Globally%2C%20as%20of%205%3A01pm,vaccine%20doses%20have%20been%20administered.
2. Kooli C. COVID-19: Public health issues and ethical dilemmas. *Ethics Med Public Health*. 2021;17(100635):100635. doi:10.1016/j.jemep.2021.100635
3. Razu SR, Yasmin T, Arif TB, et al. Challenges Faced by Healthcare Professionals During the COVID-19 Pandemic: A Qualitative Inquiry From Bangladesh. *Front Public Health*. 2021;9:647315. doi:10.3389/fpubh.2021.647315
4. Organización Mundial de la Salud. Mask use in the context of COVID-19. Interim guidence. WHO. 2022. Accedido octubre 25, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/337199.
5. Ministerio de salud y protección social de Colombia. Recomendaciónes de no uso de respiradores de particulas y tapabocas convencionales con válvula. GIPG27. 2022. Accedido: septiembre 13, 2022. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/gipg27-guia-no-uso-respiradores-valvula.pdf
6. Aranaz Andrés JM, Gea Velázquez de Castro MT, Vicente-Guijarro J, et al. Mascarillas como equipo de protección individual durante la pandemia de COVID-19: cómo, cuándo y cuáles deben utilizarse [Masks as personal protective equipment in the COVID-19 pandemic: How, when and which should be used]. *J Healthc Qual Res*. 2020;35(4):245-252. doi:10.1016/j.jhqr.2020.06.001

7. Organización Mundial de la salud. Global; Colombia. 2022. Organización Mundial de la Salud. Octubre 1, 2022. Accedido octubre 7, 2022. https://covid19.who.int/region/amro/country/co.
8. Organización Mundial de la Salud. Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted? Organización Mundial de la Salud. 2022. Accedido agosto 29, 2022. https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted#:~:text=Another%20person%20can%20then%20contract,or%20mouth%20(droplet%20transmission).
9. Al Huraimel K, Alhosani M, Kunhabdulla S, Stietiya MH. SARS-CoV-2 in the environment: Modes of transmission, early detection and potential role of pollutions. *Sci Total Environ*. 2020;744:140946. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140946
10. Ministerio de Salud de Colombia. Orientaciones para el uso adecuado de los elementos de protección personal por parte de los trabajadores de la salud expuestos a covid-19 en el trabajo y en su domicilio. Ministerio de Salud de Colombia. Abril, 2020. GIPS20. Noviembre, 15 2022. https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GIPS20.pdf.
11. Organización Mundial de la Salud. coronavirus disease (covid-19): masks. Organización Mundial de la Salud. Enero 5, 2022. Accedido octubre 20,2022. https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-masks#:~:text=Disposable%20medical%20masks%20are%20also%20recommended%20for%3A,who%20has%20recently%20tested%20positive.
12. Lopez S, Ayuzo C, Perelman C, et al. Cubrebocas en tiempos de pandemia, revisión histórica, científica y recomendaciones prácticas. *SciELO Preprints*. 2020. doi:10.1590/SciELOPreprints.1551
13. Matuschek C, Moll F, Fangerau H, et al. The history and value of face masks. *Eur J Med Res*. 2020;25(1):23. Published 2020 Jun 23. doi:10.1186/s40001-020-00423-4

14. Yim W, Cheng D, Patel SH, Kou R, Meng YS, Jokerst JV. KN95 and N95 Respirators Retain Filtration Efficiency despite a Loss of Dipole Charge during Decontamination. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2020;12(49):54473-54480. doi:10.1021/acsami.0c17333
15. Centers for disease control and prevention. Elastomeric respirators: conventional, contingency, and crisis strategies. Centers for disease control and prevention: COVID-19. Octubre 13, 2020. Accedido noviembre 15, 2022. https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/elastomeric-respirators-strategy/index.html
16. Check R, Kelly B, McMahon K, et al. Failure Rates During Reuse of Disposable N95 Masks in Clinical Practice in the Emergency Department. *West J Emerg Med*. 2021;22(3):547-551. Published 2021 Apr 19. doi:10.5811/westjem.2021.1.49960
17. Centers for Disease Control and Prevention. NIOSH-Approved Particulate Filtering Facepiece Respirators. The National Personal Protective Technology Laboratory. Septiembre 15, 2021. Noviembre, 15 2022. https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/disp_part/
18. Ranney ML, Griffeth V, Jha AK. Critical Supply Shortages - The Need for Ventilators and Personal Protective Equipment during the Covid-19 Pandemic. *N Engl J Med*. 2020;382(18):e41. doi:10.1056/NEJMp2006141
19. Chalikonda S, Waltenbaugh H, Angelilli S, et al. Implementation of an Elastomeric Mask Program as a Strategy to Eliminate Disposable N95 Mask Use and Resterilization: Results from a Large Academic Medical Center. *J Am Coll Surg*. 2020;231(3):333-338. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2020.05.022
20. 3M Personal Safety Division. Limpieza y desinfección de respiradores elastoméricos reutilizables de media cara y cara completa 3M después de una posible exposición a coronavirus. Boletín Técnico. Junio, 2020. Accedido: Noviembre 22,2022. https://multimedia.3m.com/mws/media/1823212O/cleaning-and-disinfecting-reusable-3m.
21. Park CY, Kim K, Roth S, et al. Global shortage of personal protective equipment amid covid-19: supply chains, bottlenecks, and policy implications. *ADB Briefs.* 2020; 130. doi: 10.22617/BRF200128-2

22. Nicola M, Alsafi Z, Sohrabi C, et al. The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. *Int J Surg*. 2020;78:185-193. doi:10.1016/j.ijsu.2020.04.018
23. Miethke-Morais A, Cassenote A, Piva H, et al. COVID-19-related hospital cost-outcome analysis: The impact of clinical and demographic factors. *Braz J Infect Dis*. 2021;25(4):101609. doi:10.1016/j.bjid.2021.101609
24. Ministerio de Salud de Colombia. Resolución número 8430 de 1993 (Octubre 4) Ministerio de Salud de Colombia. 1993. Accedido: noviembre, 2022. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF.
25. Bowdle TA, Jelacic S, Munoz-Price LS, Cohen M, M SK, Brosseau L. Elastomeric Respirators for COVID-19 and the Next Respiratory Virus Pandemic: Essential Design Elements. *Anesthesiology*. 2021;135(6):951-962. doi:10.1097/ALN.0000000000004005
26. Pompeii L, Hines SE. Reusable Elastomeric Respirators in HealthCare. *Workplace Health Saf*. 2021;69(6):291-292. doi:10.1177/21650799211013796
27. National academies of sciences, engineering, and medicine; health and medicine division; board on health sciences policy; Liverman CT, Yost OC, Rogers BME, et al., eds. *Reusable elastomeric respirators in health care: considerations for routine and surge use*. Washington (DC): National Academies Press (US); Diciembre 6, 2018.
28. Baffoe-Bonnie AW, Zhang KS, Pan J, Simpkins K, Marr LC. Filtration evaluation of expired elastomeric P-100 filter cartridges after months of real-world use during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2022;43(6):824-825. doi:10.1017/ice.2021.104
29. Centers for Disease Control and Prevention. Summary for Healthcare Facilities: Strategies for Optimizing the Supply of N95 Respirators during Shortages. Abril 9, 2021, https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/checklist-n95-strategy.html
30. Kaye AD, Okeagu CN, Pham AD, et al. Economic impact of COVID-19 pandemic on healthcare facilities and systems: International perspectives. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2021;35(3):293-306. doi:10.1016/j.bpa.2020.11.009