

# *Construction of a counter-intuitive filter for mouth covers.*

Salma Herrera Rivas .  
Departamento de Ingeniería Biomédica.  
*Instituto Tecnológico Superior  
Purhepecha.*  
Cherán, México  
herrerarivassalmas@gmail.com

Matín de Jesús Cornelio Lozano.  
Departamento de Ingeniería Biomédica.  
*Instituto Tecnológico Superior  
Purhepecha.*  
Cherán, México  
corneliolozanomartin@gmail.com

Dr. Jesús Maldonado Paleo  
Departamento de Ingeniería Biomédica.  
*Instituto Tecnológico Superior  
Purhepecha.*  
Cherán, México  
mapaje78@hotmail.com

## I. INTRODUCTION.

We are currently going through a historical event where the pandemic generated by COVID-19 continues without respite, and although there is already a vaccine, we must follow the health recommendations. One of them is to use masks. Masks inhibit the distribution and inhalation of respiratory droplets, which can carry the virus. Recently, several mass-produced, homemade cloth face masks have boasted that they have an activated charcoal or other type of filter in place that can improve the effectiveness of the mask, preventing even more viral particles than the mask alone.

Let's look at the opinion of May Chu, clinical professor of epidemiology at the Colorado School of Public Health's Anschutz Medical Center, regarding the use of charcoal in facemasks:

"El carbón y el carbón vegetal están destinados a filtrar los contaminantes del agua",

"No sabemos si respirar fragmentos o partículas de carbón es bueno para los pulmones".

Según la profesora, la característica más importante de una máscara es que alcanza el "punto óptimo" de bloquear las partículas mientras mantiene la comodidad y la transpirabilidad. Si un cubrebocas es muy grueso, no es probable que inhale gotas a través de ella, pero es posible que tenga problemas con el aire que la atraviesa y probablemente termine inhalando por los lados abiertos, donde no hay barrera.

Regresando un poco en el tiempo, el primer filtro se desarrolló en 1685 por el físico Italiano Lu Antonio Porzo. Dicho filtro surgió en base a las necesidades que tenía la humanidad de separar dos o más sustancias, para llevar a cabo procesos industriales o médicos.

La historia nos dice que no es la primera vez que la humanidad se enfrenta a una nueva enfermedad, donde gran parte de la solución se podía encontrar en los filtros, en el año

1854 la epidemia de cólera causó gran cantidad de muertos en Londres. John Snow, un Doctor inglés , descubrió que la epidemia del cólera era causada por el bombeo de agua contaminada.

Ahora, 167 años después, durante una de las pandemias más grandes nunca antes vistas, un filtro se postula como una de las mejores herramientas para prevenir el contagio de esta nueva enfermedad, y muchas otras más.

Sabemos que los filtros convencionales son dispositivos que retienen y permiten la entrada de ciertos elementos, ya sean partículas sólidas o líquidas.

La separación de partículas ha sido un proceso de gran importancia. Hoy en día, su importancia abarca varios campos que van desde el diagnóstico médico hasta el tratamiento de aguas residuales y la desalinización de agua.

Las membranas (barreras físicas semipermeables que separan dos fases, impidiendo su íntimo contacto) convencionales basadas en sólidos permiten que las partículas por debajo de un tamaño crítico pasen a través de un poro de la membrana mientras inhiben el paso de partículas más grandes que ese tamaño crítico; las membranas que son capaces de mostrar un comportamiento inverso, es decir, el paso de partículas grandes y la inhibición de las pequeñas, son inusuales en las aplicaciones de ingeniería convencionales.

Como se muestra en la naturaleza, existen membranas que permiten el paso de partículas grandes mientras retienen las pequeñas deben ser dinámicamente reconfigurables y autorreparables, propiedades que comúnmente exhiben los líquidos. Si bien los líquidos tienen muchas propiedades de materiales únicos. Este hecho permite la separación de las sustancias contaminantes del agua, generando un efluente acuoso depurado. En los últimos años, el concepto de incorporar líquidos en materiales de base sólida ha dado lugar a tecnologías de superficie revolucionarias. Por ejemplo, la incorporación de capas líquidas estables en sólidos porosos permite la autocuración, repelencia a líquidos robusta, antiincrustante, antihielo e incluso compuerta propiedades [S]

Por otro lado, es importante mencionar el gran impacto que tienen los residuos de los materiales que se utilizan como protección ante la pandemia provocada por el virus de COVID-19, han traído una nueva amenaza mundial: miles de mascarillas que invaden los vertederos y océanos de todo el mundo, provocando una vez más la alteración de los ecosistemas orientados a su destrucción.[C] Los residuos deben ser tomados en cuenta como un elemento que se suma a la contaminación de los océanos, lagos y ríos.

Los guantes y los cubrebocas desechables ahora pertenecen a los artículos de primera necesidad. Ante dicha pandemia sanitaria cabe mencionar que el uso de mascarillas desechables es obligatorio. Todos estos residuos se suman por millones a los desechos que al no tener un manejo adecuado, pueden llegar a mares y costas del planeta.

La consecuencia del retorno de actividades, la demanda de mascarillas se ha incrementado de forma exponencial, en tanto solo un mes China exportó más de 4 millones de cubrebocas. [s mismo arti]

“Es excepcional, nunca habíamos encontrado un guante o un cubrebocas en el océano, pero es una realidad desde que la gente comenzó a salir de sus casas portando mascarillas, las cuales tiran al piso. Esto lo comenzamos a ver hace poco y es un nuevo tipo de contaminación”, refirió Laurent Lombard de la Asociación Operación Mar Limpio[C].

Una mascarilla higiénica común, abandonada en un entorno natural, puede tardar en degradarse entre 300 y 400 años. [S]

El pasado lunes Fernando Simón lanzó un mensaje en una de sus ruedas de prensa recordando que estos productos no solo dañan el medio ambiente, sino que también pueden estar contaminados.[S]

Con la pandemia provocada por el virus de COVID-19, la humanidad ha sido considerablemente reducida, y se ha logrado una mejoría en el impacto que tenemos sobre el medio ambiente, pero con el regreso a las actividades normales, se ha demostrado que estamos contaminando como nunca antes, debemos tener muy en claro que no sólo por estar enfrentándonos a una pandemia podemos descuidar tanto al planeta, puesto que el día que ya no tengamos una pandemia sobre nosotros, tampoco tendremos un planeta bajo nuestros pies.

## I. PROPUESTA.

Después de analizar las opciones en el mercado, ver lo que ofrecen y conocer las opiniones de expertos sobre los filtros de carbón y algodón, presentamos una propuesta ante dicha problemática, la cual es, crear un filtro a base de una membrana líquida, totalmente diferente a los filtros que conocemos hoy en día, que cumple todas las expectativas de los filtros que actualmente están en el mercado y que además tiene la capacidad de poder limpiarse por sí mismo y todo esto sin afectar directamente al medio ambiente o a la integridad de los seres vivos. Dicho filtro es totalmente sustentable ya que, como se explicó anteriormente, un filtro convencional de

carbón para cubrebocas solo se puede utilizar un par de días y debe ser reemplazado por uno nuevo.

La principal función de un filtro convencional es separar o seleccionar sustancias o elementos por tamaños, permitiendo y a la vez prohibiendo el paso de las partículas por la membrana del filtro, pero, ¿y si quisiéramos separar partículas por su energía cinética? o ¿por su densidad?, pues aunque esto suene un tanto descabellado a primera impresión, esto es algo que ya es posible, y como se mencionó anteriormente, de hecho la naturaleza ya lo hace, la principal cuestión ahora es, ¿cómo podemos replicarlo los seres humanos para poder aprovecharlo?.

Un filtro completamente contra-intuitivo capaz de sustituir los filtros hasta ahora conocidos para la elaboración de cubrebocas, como son los filtros de carbón y algodón, y no sólo eso, sino que también podría significar un avance dentro del quirófano en los hospitales, ya que dicho filtro es capaz de limpiar herramientas de uso médico al instante durante una operación, con sólo atravesarlo, así como también se está trabajando en una posible aplicación donde podremos usar el filtro para los gases nocivos producidos por diferentes aparatos médicos durante intervenciones quirúrgicas agregándolo en una succionadora o aspiradora de gases nocivos.

## II. FILTRO CONTRA-INTUITIVO

Consiste en una membrana líquida de dos partes estabilizadora, capaz de limpiarse por sí sola, totalmente funcional y además reutilizable. Un ejemplo de una membrana líquida es la que se forma a base de agua y jabón.

Sabemos que este experimento tiene una durabilidad alrededor de segundos y al primer intento de atravesar la superficie de membrana, ésta misma explota, haciendo que su durabilidad sea corta.

Teniendo en cuenta que la tensión superficial de los líquidos es un fenómeno que se presenta debido a la atracción entre las moléculas de un líquido[s] esto gracias a que todas sus moléculas de la superficie tienen una fuerza resultante que las jala hacia adentro, por naturaleza y se acomodan de manera que tengan la mínima superficie expuesta[s], queda claro que no se pueden lograr la selección de partículas con las tecnologías de membranas convencionales. [s] Por ello para poder lograr que una membrana líquida pueda ser atravesada selectivamente, es necesario ajustar la tensión superficial de la membrana y los parámetros geométricos. Se demostró que se puede diseñar una membrana capaz de retener partículas más pequeñas que un tamaño crítico en función de las propiedades de inercia de las partículas. Además, se ha demostrado que las propiedades únicas de las membranas líquidas permiten aplicaciones que antes eran inalcanzables con las tecnologías de membranas convencionales, incluido la retención de entidades microscópicas mientras se permite el paso de objetos macroscópicos, y la separación selectiva gas-sólido donde la membrana permite el paso de sólidos, mientras inhibe el paso de gases.[S]

Para determinar experimentalmente los mecanismos que dictan si una partícula pasará o permanecerá en la película de dicho filtro, sistemáticamente se dejan caer perlas en una membrana líquida de una determinada tensión superficial a diferentes alturas y se registra si la perla se retuvo o pasó a través de la membrana. Específicamente, se dejan caer perlas relativamente lisas (con rugosidad cuadrática media,  $\xi < 2.5 \mu\text{m}$ ) en una membrana líquida estabilizada de una determinada tensión superficial y radio desde alturas  $H$  que van de 0.5 a 15 cm (tabla). Velocidades típicas de impacto de partículas  $u$  b fueron  $< 2 \text{ m/s}$ . Se repite este experimento utilizando membranas líquidas con diferentes tensiones superficiales ( $35 \text{ mN/m} < \gamma < 72 \text{ mN/m}$ ). Para probar el efecto de la geometría de las partículas en la retención / paso, se llevó a cabo el mismo conjunto de experimentos para perlas y membranas de diferentes radios ( $355 \mu\text{m} < R_b < 4.4 \text{ mm}$  y  $3 \text{ mm} < R_f < 6 \text{ cm}$ , respectivamente). Se llevaron a cabo más pruebas utilizando perlas compuestas de diferentes materiales [es decir, vidrio, poliestireno (PS) y politetrafluoroetileno (PTFE)] para investigar el efecto de la química en la superficie con la interacción partícula-membrana.[C]

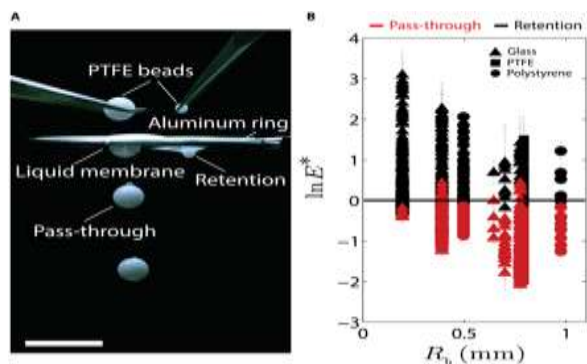


imagen 1. El experimento de la perla se retuvo.

Lo anterior nos permite diseñar una membrana líquida que puede retener las partículas más pequeñas que un tamaño crítico dadas las propiedades de inercia de las partículas impactantes (es decir,  $\rho$  b y  $u$  b). Esta capacidad también se puede extender desde partículas simples a organismos vivos. Por ejemplo, la velocidad típica de determinadas partículas de aire como el polen o el polvo (con densidades  $< 2 \text{ g/cm}^3$ ) es  $< 1 \text{ m/s}$ ; Usando estos valores, predecimos que objetos de tamaño  $< 1 \text{ mm}$  pueden ser retenidos en membranas ( $35 \text{ mN/m}$ ).

Para demostrar que algunas especies de insectos no son capaces de atravesar la membrana, se han realizado una serie de experimentos, los cuales han verificado aún más esta predicción. Al dejar caer varios insectos relevantes (es decir, mosca de la fruta, mosca doméstica y mosquito) a sus velocidades de locomoción típicas en el impacto. Se debe tomar en cuenta que se utilizaron insectos muertos en estos experimentos para garantizar que la velocidad del impacto esté cerca de la velocidad de crucero de sus homólogos vivos. Para demostrar aún más la eficacia de estas membranas líquidas para retener insectos voladores vivos, permitimos que las

moscas de la fruta vivas (*Drosophila melanogaster* de tipo salvaje Canton Special) para interactuar con una membrana líquida. Esta demostración mostró que las membranas líquidas pueden prevenir eficazmente el paso de moscas de la fruta voladoras.

### III. MEMBRANA AUTOLIMPIANTE

Además de la selectividad de tamaño única de las membranas líquidas, su interfaz líquida móvil ofrece capacidades únicas que no se pueden lograr fácilmente con ninguna membranas sintéticas convencionales, incluida la maniobrabilidad de objetos dentro de la membrana y el transporte de partículas retenidas por medios externos. Estos aspectos únicos de las membranas líquidas se pueden utilizar para diseñar membranas de separación que resistan los problemas de ensuciamiento comunes en muchas membranas de base sólida. Específicamente, nuestras membranas líquidas pueden resolver el problema del ensuciamiento de la membrana local de dos formas distintas. Primero, las membranas líquidas permiten el transporte de objetos dentro de la membrana a través de fuerzas externas (por ejemplo, la gravedad), que permiten que los contaminantes sean transportados fuera de la región de separación. En segundo lugar, los agregados de los contaminantes recolectados se pueden eliminar de la membrana una vez que el peso de los agregados excede la fuerza capilar soportada por la membrana líquida. Estos mecanismos únicos permiten que las membranas líquidas realicen una separación continua sin ensuciamiento.[C]

### IV. USO POTENCIAL DE MEMBRANAS LÍQUIDAS EN CIRUGÍA

Las membranas líquidas son la solución más rápida y efectiva para lograr un avance muy significativo en el área de la medicina. la idea de la implementación del filtro contra-intuitivo nace de la necesidad de mantener un área de trabajo estéril y no sólo eso, sino que permita la separación de sustancias y a su vez filtrar los gases.

Si bien sabemos un quirófano debe cumplir con las normas establecidas por la secretaría de la salud como es la NOM-016-SSA3-2012, la cual constituye que los elementos básicos para que los prestadores de servicios para la atención médica de los sectores público, social y privado puedan ofrecer a los usuarios calidad, seguridad y eficiencia en la atención de pacientes que se internen para su diagnóstico, tratamiento médico, quirúrgico o rehabilitación.[s]

Teniendo en cuenta eso, decidimos proponer la idea de implementar la membrana líquida como filtro para realizar las cirugías, todo sin dañar o poner en riesgo la integridad del paciente. La membrana tiene la capacidad de ser atravesada un sin fin de veces sin ser rota o lesionada, esto es gracias a su modificación de la tensión superficial, lo cual nos podrá permitir introducir las herramientas de trabajo para la cirugía como son los bisturí, pinzas, suturas, entre otros, pero a su vez, bloqueará el paso de microorganismos que puedan poner

en riesgo la integridad del paciente, como son las esporas de polvo, pequeños microorganismos que viven el ambiente e incluso bloquea el paso de las bacterias. Lo mejor de esto es que además de cumplir con todo lo anterior, su tiempo de durabilidad es muchísimo, puede llegar a cumplir con grandes jornadas de trabajo sin desgaste alguno siempre y cuando la membrana sea hidratada. Se ha demostrado que, con un depósito de líquido, la película líquida hidratada puede soportar 3000 ciclos de perturbaciones de la película (más de 3 horas) sin romperse.[s]

Ventajas de su uso:

- Reconfigurabilidad dinámica: a diferencia de los de las membranas sólidas, los objetos incrustados en las membranas líquidas pueden moverse libremente en el plano de la membrana debido a la movilidad de las moléculas líquidas.
- Transporte de partículas: las partículas retenidas en la película también pueden moverse dentro del plano de la membrana líquida, lo que les permite ser transportadas si es necesario. Se tiene que tomar en cuenta también que estas membranas líquidas en particular son transparentes, lo que permite su uso en aplicaciones que requieren visibilidad a través de la película.
- Autolimpieza de membranas líquidas: aquí, una membrana líquida inclinada elimina pasivamente los contaminantes de la región de separación por gravedad, lo que permite que las partículas grandes se recojan.
- Cirugía simulada: Se demostró que la membrana líquida puede bloquear los contaminantes durante los procedimientos quirúrgicos simulados sin inhibir la visibilidad o la maniobrabilidad dentro de la película y puede recolectar y eliminar contaminantes de forma pasiva y continua. [C]

Otro aspecto interesante de la membrana líquida es que puede servir como barrera de difusión de gas al tiempo que permite el paso de objetos macroscópicos. Aquí, una barrera de difusión de gas se refiere a un material que disminuye la difusividad de un gas en comparación con su difusividad en el aire. Esta capacidad podría ser útil como una solución simple para la gestión de olores / desechos sólidos en entornos con concentración de olores. Por ejemplo, hacer que los inodoros sin agua sean atractivos desde una perspectiva olfativa es un factor importante para abordar la defecación al aire libre practicada por aproximadamente 1.100 millones de personas. Si las membranas líquidas pueden disminuir significativamente la tasa de difusión de los productos químicos relevantes en los inodoros sin agua, entonces serían una solución económica para abordar el problema de la defecación al aire libre. Para demostrar el uso de membranas líquidas para el secuestro de gas y al mismo tiempo permitir el paso de sólidos, primero se usó niebla producida por un humidificador para simular y visualizar el gas, y se empleó

una película líquida suspendida para bloquear la niebla y permitir el paso de objetos sólidos.

## VI. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

En el software de diseño 3D solidworks, creamos las diferentes piezas que tendrá nuestra mascarilla.

tomando en cuenta que se trata de la vista frontal, y que nuestra mascarilla será delgada para aumentar su

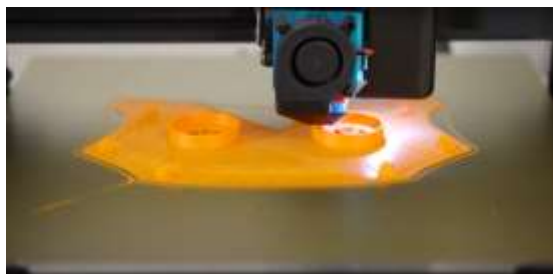
flexibilidad a la hora de ser ajustada en la cara.



El disco de color azul forma parte del filtro que se modifica para poder ingresar nuestro filtro liquido.

Así se ve el proceso de impresión de una mascarilla en 3D, como se puede observar, va a quedar delgada, esto

ayudará a su flexibilidad y adaptabilidad.



Una vez terminada solo se procede a unir, como se aclaró antes, esta debe sellarse muy bien para evitar la acumulación y la entrada de un virus por otro lugar que no sea el filtro.



### Resultados.

Una vez terminado el equipo médico, se procedió a realizar ciertas pruebas de laboratorio en un entorno apto, la primera prueba realizada fue un trozo de carne, simplemente se colocaron los electrodos en una cierta área de la carne y se encendió el equipo, como estamos hablando de microcorrientes, se puede pensar que no es posible apreciar a simple vista lo que está sucediendo en el interior de la carne, pero debido a las altas tensiones eléctricas ya que estamos trabajando con voltajes superiores a los 200v, gracias a eso, y que la señal es pulsada, podemos apreciar pequeños movimientos debido a los ciclos de trabajo con los que cuenta nuestra señal pulsada.

Debido a que no se cuenta con los permisos necesarios para realizar pruebas en tejido vivo nuestra experimentación se limita por el momento a sólo en tejido no vivo, sin embargo, los resultados obtenidos son mejores de que lo que se tenía previsto. Las pruebas de laboratorio realizadas muestran una gran factibilidad de la unificación de estos dos dispositivos para atacar las heridas crónicas y las úlceras tipo II y III, el dispositivo se encuentra actualmente en fase de pruebas, está pasando por diferentes filtros de investigación y se trabaja constantemente en el dispositivo para ofrecer una mejor calidad del aparato así como también mejores resultados.

[1] Stogin, Birgitt Boschitsch, et al. "Free-standing liquid membranes as unusual particle separators." Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia, vol. 4, 2018. ScienceAdvances.

[2]

**IEEE conference templates contain guidance text for composing and formatting conference papers. Please ensure that all template text is removed from your conference paper prior to submission to the conference. Failure to remove template text from your paper may result in your paper not being published.**