

REDUCTOR SOSTENIBLE DE EMISIONES DE CO₂ ELABORADO CON FIBRA DE COCO “ECO2 FILTER”

SUSTAINABLE CO₂ EMISSIONS REDUCER MADE WITH COCONUT FIBER “ECO2 FILTER”

Rodríguez Jiménez Carlos¹, Guerra Sanchinelli José Fernando², Aguilar Torres Jorge Luis³, Toledo Linares Reyna Lizbeth⁴.

¹ Maestro en Valuación / Doctorando en Ciencias Ambientales. Docente en la carrera de Ingeniería Petrolera. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa, Departamento de Ciencias de la Tierra, Carlos.rj@villahermosa.tecnm.mx, 993 159 6912, C.P. 86017

² Estudiante del 9° semestre de la carrera de Ingeniería Petrolera. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa, Departamento de Ciencias de la Tierra, 119301231@villahermosa.tecnm.mx, 934 228 5475, C.P. 86070

³ Estudiante del 5° semestre de la carrera de Ingeniería Petrolera. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa, Departamento de Ciencias de la Tierra, 121300902@villahermosa.tecnm.mx, 961 300 0539, C.P. 86017

⁴ Estudiante del 5° semestre de la carrera de Ingeniería Petrolera. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Villahermosa, Departamento de Ciencias de la Tierra, 121301006@villahermosa.tecnm.mx, 994 106 1851, C.P. 86019.

Resumen – La presente investigación es cuantitativa y del tipo descriptiva. Se enfoca en el diseño y fabricación de un filtro de dióxido de carbono (CO₂) para la industria petrolera, utilizando la fibra de coco como adsorbente. La preocupación por el cambio climático ha llevado a una mayor atención en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), entre los cuales, el CO₂ es uno de los más significativos [1]. Dado este contexto, se revisan las características físicas y químicas del CO₂, y las normas nacionales e internacionales para el control en la emisión de GEI.

Así mismo, se abordan los fundamentos de adsorción, destacando la importancia de las fuerzas de Van der Waals en la adsorción de gases y la capacidad de materiales como la fibra de coco, para adsorber dióxido de carbono. Se explora el uso de este material, debido a sus propiedades físicas y químicas, incluyendo su alta superficie específica y porosidad, para la adsorción gaseosa [11].

La eficacia del filtro se evalúa a partir de la medida de la cantidad de CO₂ adsorbido y su capacidad para mantener la estabilidad del sistema. Los resultados obtenidos pueden contribuir al desarrollo de estrategias para reducir las emisiones de GEI.

Palabras Clave – CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, COP 21: 21° Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, GEI: Gases de Efecto Invernadero, IPCC: Grupo Gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, NDC: Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional, ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible .

Abstract – The present research is quantitative and descriptive in nature. It focuses on the design and manufacture of a carbon dioxide (CO₂) filter for the Oil Industry, using coconut fiber as an adsorbent. Concerns about climate change have led to greater attention to the

reduction of greenhouse gas (GHG) emissions, among which CO₂ is one of the most significant. In this context, the physical and chemical characteristics of CO₂ and national and international standards for controlling GHG emissions are reviewed.

Likewise, the fundamentals of adsorption are addressed, highlighting the importance of Van der Waals forces in gas adsorption and the ability of materials such as coconut fiber to adsorb carbon dioxide. The use of this material is explored due to its physical and chemical properties, including the high specific surface area and porosity, for gas adsorption.

The effectiveness of the filter is evaluated based on the measurement of the amount of CO₂ adsorbed and its ability to maintain system stability. This result obtained can contribute to the development of strategies to reduce GHG emissions.

Key words – CEPAL: Economic Commission for Latin America and the Caribbean, COP 21: 21st Conference of the United Nations Framework Convention on Climate Change, GHG: Greenhouse Gases, IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, NDC: Nationally Determined Contributions, SDGs: Sustainable Development Goals.

INTRODUCCIÓN.

Planteamiento del problema

El cambio climático hace énfasis en las variaciones de temperatura y patrones climáticos, los cuales pueden ser provocados de forma natural o a causa de la intervención humana.

Según National Geographic (2022, párr. 6) [2], el cambio climático es el resultado del efecto invernadero, que es “el calentamiento que se produce cuando ciertos gases de la atmósfera de la Tierra retienen el calor. Estos gases dejan pasar la luz, pero mantienen el calor como las

paredes de cristal de un invernadero”. Andrade – Castañeda et. al. (como se citó en Hernández, 2021) [4] plantean que dicho fenómeno es consecuencia de la creciente y prolongada concentración de los gases de efecto invernadero, que engloban las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂), el Metano (CH₄) y el Óxido Nitroso (N₂O).

Llamamos calentamiento global a las consecuencias que generan estos gases. Según National Geographic (2022) [2]:

Este fenómeno está provocando una serie de cambios en los patrones meteorológicos de la Tierra a largo plazo que varían según el lugar. Conforme la Tierra gira cada día, este nuevo calor gira a su vez, recogiendo la humedad de los océanos, aumentando aquí y asentándose allá, y cambiando en definitiva el ritmo del clima al que todos los seres vivos nos hemos acostumbrado.

Las temperaturas medias globales se han mantenido bastante constantes hasta hace poco. A través de la combustión de combustibles fósiles y otras emisiones de gases de efecto invernadero, los humanos están aumentando dicho efecto y calentando la Tierra. Se cree que las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1,0 °C en comparación con antes de la era industrial. Si continuamos al mismo ritmo, es probable que lleguemos a un calentamiento de 1,5 °C entre 2030 y 2052 [8].

¿Cuáles son las consecuencias inmediatas de este cambio climático sobre las formas de vida que habitan nuestro planeta? National Geographic. (2022) [2], indica que algunos organismos no pueden adaptarse a estos cambios porque son más rápidos que sus metabolismos. Para ellos y para nosotros, un clima nuevo es impredecible e impone desafíos únicos, como el hecho de que algunos científicos ya han pronosticado que muy pronto, el planeta llegará a un punto de no retorno.

Entre sus repercusiones destacan los fenómenos meteorológicos extremos, como las olas de calor, tormentas y sequías, que podrían convertir las regiones afectadas en inhabitables, ya que la posibilidad de generar zonas áridas y desérticas inhabilitaría las cosechas en los cultivos.

Por el contrario, otras regiones como China, Alemania, Bélgica y Países Bajos experimentan lluvias extremas, generando inundaciones históricas.

Nuestros océanos y mares también están amenazados ante el aumento de temperaturas, por ejemplo, la pérdida de los corales de la Gran Barrera de Coral en Australia.

En otros ecosistemas, como los bosques y la tundra siberiana, se experimentan cambios radicales, como un mayor número de incendios, así como el derretimiento de los suelos helados. Se estipula que, en este siglo, se perderán al menos 550 especies si no se toman medidas adecuadas.

Un aspecto a resaltar es que los habitantes de los países más pobres se verán afectados porque no poseen los recursos económicos necesarios para adaptarse al cambio climático, y muchas de sus tierras no tendrán la capacidad para soportar los cambios abruptos del clima. (BBC. 2021) [3].

Entre los responsables de estas emisiones a nivel global, se dan distintas industrias. De acuerdo a Ritchie & Roser (2020), como se citó en Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible y Ordenamiento Territorial, Gobierno de Puebla, (2021) [5], a nivel mundial, el uso de Energía representa un 73.2% de las emisiones, la Agricultura y usos del suelo un 18.4%, las Industrias un 5.2% y los Residuos un 3.2%. De forma más específica, la Energía incluye el Uso de Energía en Edificios (17.5%), Transporte (Transporte y Carreteras, 11.9%; Aerolíneas, 1.9%; Envíos, 1.7%; Trenes, 0.4%; Oleoductos, 0.3%), Uso de la Energía en la Industria (Hierro y Acero, 7.2%; Metales no ferrosos, 0.7%; Química y Petroquímica, 3.6%; Alimentos y Tabaco, 1%; Pasta de Papel, 0.6%; Maquinaria, 0.5%; Otras industrias, 10.6%).

Un evento que marcó nuestro siglo, fue la pandemia del COVID 19. Durante este periodo se dio una disminución a las emisiones de gases de invernadero, sin embargo, para 2021, aconteció un repunte: Impulsado en gran parte por China, aumentaron 750 millones de toneladas de gases de invernadero. El aumento de las emisiones de este país compensó el declive de la pandemia, pues solo en 2021, se superaron 11,900 millones de toneladas, lo que supone un 33% mundial. (United Nations Climate Change, 2022) [6].

Las emisiones que generan el cambio climático, provenientes de diferentes partes del mundo, nos afectan a todos. Sin embargo, algunos países producen un mayor porcentaje que otros. Por ejemplo, es un hecho que los cien países que menos emiten generan solo el 3% de las emisiones totales, mientras que los diez mayores emisores aportan el 68%. Es necesario que todo el mundo tome medidas con respecto al clima, pero es imprescindible aclarar que las personas y los países que crean más problemas tienen una mayor responsabilidad de intervenir urgentemente. (Naciones Unidas, 2023) [2].

Como es bien sabido, el sector energético, especialmente la industria petrolera, es uno de los principales generadores de gases de efecto invernadero, con un

enfoque principal en las moléculas de dióxido de carbono. De tal manera que dicho sector no toma las medidas necesarias para reducir dichos agentes contaminantes. Para ser más concretos, los gases postcombustión que emanan los mecheros o quemadores son vertidos directamente a la atmósfera.

Objetivo general

Diseñar y construir un filtro capaz de adsorber moléculas de CO₂ en los procesos de producción de los derivados de petróleo

Objetivos específicos

- Diseñar el filtro CO₂ con base a tecnología sostenible.
- Construir prototipo experimental de filtro para CO₂ mediante el uso de fibra natural.
- Realizar experimentación con el prototipo propuesto y analizar resultados obtenidos.

Justificación

El proyecto de investigación propuesto busca, a través del conocimiento metodológico y científico, la fabricación de un filtro capaz de adsorber las moléculas de CO₂ generadas a partir del proceso de postcombustión de residuos gaseosos de la industria petrolera en los mecheros. Actualmente, hay muy pocos proyectos que se encarguen de tratar las emisiones de gases de efecto invernadero generados por la industria petrolera. Es importante aclarar que la región de Tabasco cuenta con los materiales, la materia prima y el personal capacitado que domina los conocimientos científicos y necesarios para la elaboración del filtro de CO₂. Este proyecto se considera beneficioso para a todos los habitantes del planeta Tierra a través de la preservación de la atmósfera.

DESARROLLO

La metodología utilizada en el presente proyecto, es cuasi-experimental. A modo de descripción, consiste en la adquisición de la materia prima, como el coco y alambres metálicos, para la construcción de una estructura que contenga las fibras del coco previamente tratado (secado). Dicho prototipo posee la capacidad de adherir las moléculas de CO₂ en sus paredes porosas, en donde juegan un rol importante las fuerzas de Van der Waals entre el medio adsorbente y el adsorbato. Esta investigación tiene la particularidad de ser del tipo cuantitativa y descriptiva.

Los recursos empleados consistieron en físicos, materiales de laboratorio y financieros, entre los cuales se encuentran probetas graduadas, una balanza electrónica, medidor (gasómetro) de CO₂, un recipiente metálico (cubeta) para contener la estructura del filtro, alambres

galvanizados de calibre 14.5, 16, y 22, tubo de acero (reciclado), flexómetro, un 1/2 de gasolina de medio octanaje (Magna), 2 gramos de estopa de lana y fibras de coco, como nuestro agente principal.

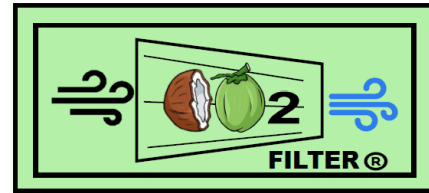


Figura 1. Logotipo del proyecto

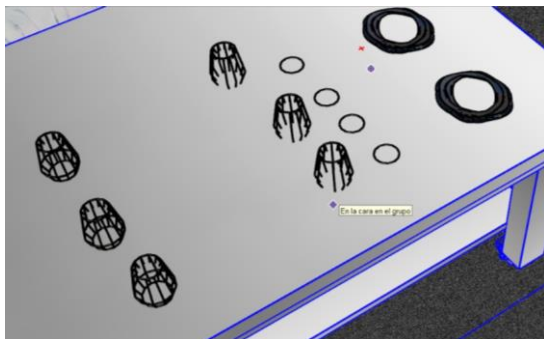
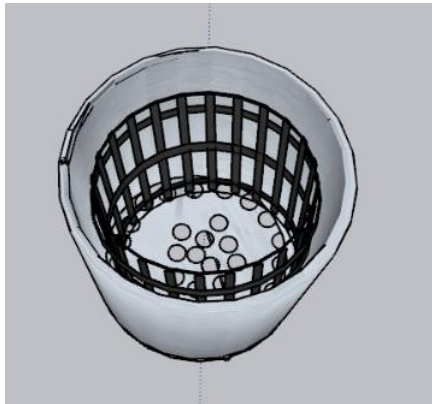
El lugar donde se llevó a cabo este proyecto, fue en el Laboratorio de Ingeniería Civil e Ingeniería Petrolera del Tecnológico Nacional de México / I. T de Villahermosa. Las instalaciones, poseen equipos enfocados en los ensayos de tracción y resistencia de materiales, estudios de flujo en tuberías y simuladores de perforación. Entre las variables a destacar, se encuentran [9]:

- Variable independiente: Es la causa o el factor que tiene una influencia directa en la variable dependiente. En este proyecto, dicha variable es el tiempo a la salida de la chimenea del quemador. Cabe recalcar que es medido con un cronómetro digital en un dispositivo telefónico.
- Variable dependiente: Aquella que depende de la variable independiente y su valor se utiliza para evaluar el efecto de la variable independiente sobre ella. En este proyecto, dicha variable es la concentración de CO₂, la cual es registrada a través de un medidor de CO₂.
- Variable de control: Aquella que se puede manipular o controlar con el fin de eliminar su influencia en los resultados del experimento. En este proyecto, dicha variable es la altura de colocación del filtro (X cm), la cual es cuantificada con un flexómetro.

Es necesario mencionar, que, como indicadores, se utilizaron medidas de tendencia central como la media, mediana y moda, y así mismo, medidas de dispersión, como varianza, desviación estándar, curtosis y coeficiente de asimetría [10]. Todo lo anterior pertenece a la Estadística Descriptiva, cuyo objetivo es proporcionar una descripción clara y concisa de los datos para comprender el comportamiento de las variables presentes en la investigación. Se aplica la regresión por mínimos cuadrados para establecer la variación de la variable dependiente (CO₂) con respecto a la independiente (tiempo).

La población y muestra durante los experimentos, fue la concentración de gas CO₂ en función al tiempo, cuyos datos fueron colectados por medio del gasómetro digital.

Con base en lo establecido en los objetivos general y específicos, planteados al inicio de este proyecto, se realizó el diseño, elaboración del prototipo del filtro y la experimentación. El diseño del prototipo se plasmó en un software de diseño (SketchUp). Las imágenes siguientes, muestran dicha secuencia:



Figuras 2 y 3. Diseños en SketchUp del filtro.

El procedimiento de preparación de las fibras, es el siguiente:

- 1- Tras conseguir los cocos en sitios donde se comercializan, éstos se partieron a la mitad.
- 2- Se retiró la cáscara interior de cada una, la cual se nombra endocarpio.
- 3- Se retiró la cáscara exterior, llamada exocarpio.
- 4- Se procedió a retirar la fibra de coco o mesocarpio, de los trozos.
- 5- Posteriormente, la fibra de coco se cortó en varias tiras.
- 6- Las fibras se dejaron secar al sol, durante 3 días.

El procedimiento para construir la base del filtro, es el siguiente:

- 1- Tras conseguir los alambres galvanizados, se tomó el de calibre 14.5. Se tomaron dos secciones para formar las circunferencias que darán lugar a las bases del filtro, que se colocará dentro de la cubeta metálica. La primera cuenta con un diámetro de 11 cm y el segundo, 9 cm.
- 2- A la primera base, se le adherieron tiras de alambre galvanizado de calibre 16, con una longitud de 8 cm.
- 3- El objetivo es realizar una estructura con forma de cono truncado, por lo que se completa con un segundo círculo en su parte superior. El resultado de esto, es el siguiente:
- 4- Los alambres que forman la generatriz, se tensaron para darle solidez a la estructura. Entonces, se añadieron circunferencias paralelas a las bases, creadas a partir de alambres calibre 22.

A continuación, solo faltaba encajar las fibras de coco. Dicho procedimiento fue el siguiente:

- 1- Introducir las fibras de coco, a la estructura del prototipo metálico y repetir este paso, hasta que se consiga su forma final.
- 2- Como último paso, se cortaron los sobrantes para darle una apariencia y disposición más uniforme.



Figura 4. Filtro armado.

Una vez construido el filtro, se procedió a realizar el experimento, con el resto de materiales y reactivos. Antes de utilizar el prototipo, se prepararon otros materiales, como la estopa de algodón (2 gramos medidos con la balanza electrónica) y el volumen de gasolina (100

mililitros, medidos con la probeta graduada) que serían utilizados.

Acto seguido, se llevó a cabo la representación del proceso de postcombustión, de donde se emitirían los volúmenes de CO₂. Para ello, se impregnó la estopa de algodón con la gasolina y se incendió.

El tubular metálico se colocó encima del área de la llama, para simular un mechero. Una vez armada esta sección, se procedió a tomar medidas de concentración de CO₂ en partes por millón, utilizando el gasómetro.



Figura 5. Medición de la concentración de CO₂, previo al filtro.

El siguiente paso en este experimento, fue instalar el filtro de CO₂ sobre la parte superior del tubular. Con el filtro en su sitio, se realizó una nueva medición de la concentración de CO₂, en función al tiempo, para comprobar si se obtienen los datos favorables, esperados en la hipótesis de este proyecto.

La metodología aplicada en este proyecto, se enfoca en realizar una reducción de gases de efecto invernadero, especialmente el CO₂, tal como lo dictan los tratados y normas nacionales e internacionales, como lo son El Tratado de París, la Agenda 2030 y la NOM-041-2015 de SEMARNAT [12] [13] [14].

Tabla 1. Resultados de las mediciones de concentración de CO₂, con y sin filtro.

No.	Componente X Tiempo (Minutos)	Componente Y Concentración CO ₂ . PPM sin filtro.	Componente Y Concentración CO ₂ . PPM con filtro.
1	1.000	4,550.00	1,279.00
2	2.000	4,153.00	1,265.00
3	3.000	4,514.00	1,236.00
4	4.000	4,015.00	1,100.00
5	5.000	4,421.00	1,026.00

6	6.000	4,299.00	1,333.00
7	7.000	3,625.00	1,056.00
8	8.000	2,895.00	1,379.00
9	9.000	2,125.00	1,353.00
10	10.000	2,234.00	882.00
11	11.000	2,442.00	902.00
12	12.000	2,255.00	1,169.00
13	13.000	2,021.00	895.00
14	14.000	2,226.00	1,152.00
15	15.000	2,272.00	1,086.00
16	16.000	2,609.00	1,125.00
17	17.000	2,665.00	1,003.00
18	18.000	2,531.00	887.00
19	19.000	2,771.00	904.00
20	20.000	2,917.00	720.00
21	21.000	3,091.00	808.00
22	22.000	3,227.00	1,003.00
23	23.000	2,755.00	912.00
24	24.000	2,474.00	936.00
25	25.000	3,095.00	749.00
26	26.000	3,003.00	663.00
27	27.000	3,180.00	908.00
28	28.000	2,767.00	803.00
29	29.000	3,031.00	1,066.00
30	30.000	2,824.00	828.00

Tabla 2. Datos estadísticos.

Concentración de CO ₂	
Media	1014.266667
Error típico	35.66665378
Mediana	1003
Moda	1003
Desviación estándar	195.3543082
Varianza de la muestra	38163.30575
Curtosis	-0.783853317
Coefficiente de asimetría	0.248454481
Rango	716
Mínimo	663
Máximo	1379
Suma	30428
Cuenta	30

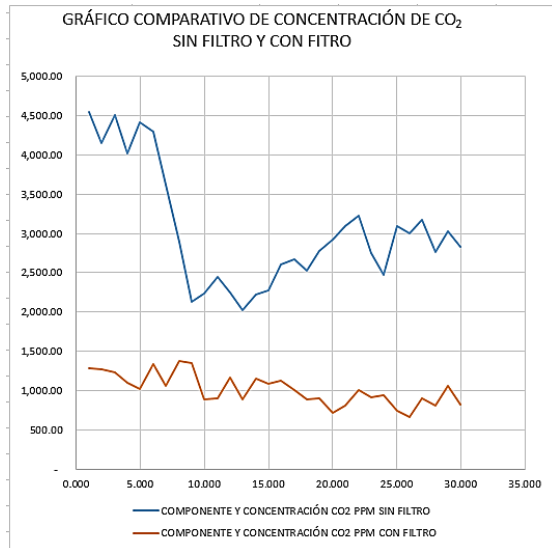


Figura 6. Gráfica comparativa de concentraciones de CO₂.

En cuanto a los indicadores estadísticos, como la curtosis, cuyo valor resultante fue de -0.7839, nos indica que los datos estadísticos están concentrados alrededor de la media y no presentan datos atípicos relevantes. Por su parte, el coeficiente de asimetría, con valor 0.2485 (adimensional), nos indica que los datos presentan una asimetría hacia la derecha.

Cabe mencionar que la investigación se centró en las emisiones de CO₂ debido a su alto porcentaje de emisiones atmosféricas en general.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El estudio llevado a cabo ha demostrado que la instalación del filtro ha tenido un impacto positivo en la reducción de la concentración de dióxido de carbono emitido a la atmósfera. Con una reducción del 67%, se puede decir que la solución implementada ha sido eficaz en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En cuanto a los resultados estadísticos, se puede observar que la media de la concentración de CO₂ fue de 1014.27 ppm, con un error típico de 35.67 ppm, lo que indica que los valores obtenidos están muy cercanos a la media. Además, la mediana y la moda de la concentración de CO₂ fueron de 1003 ppm, lo que sugiere una distribución simétrica de los datos. Así mismo, se calculó una desviación estándar de 195.35 ppm.

Con respecto a los indicadores estadísticos, como la curtosis, cuyo valor resultante fue de -0.7839, nos indica que los datos estadísticos están concentrados alrededor de la media y no presentan datos atípicos relevantes. Por su parte, el coeficiente de asimetría, con valor 0.2485

(adimensional), indicándonos que los datos presentan una asimetría hacia la derecha.

Cabe mencionar que la investigación se centró en las emisiones de CO₂ debido a su alto porcentaje de emisiones atmosféricas en general.

La solución propuesta en este documento, que consiste en el diseño y fabricación de un filtro de dióxido de carbono para la industria petrolera utilizando fibra de coco como adsorbente, puede ser aplicada a una amplia variedad de situaciones en las que se generan emisiones de gases de efecto invernadero. Esto incluye no solo edificaciones con chimeneas, sino también comercios y unidades de automotores que emiten gases como resultados de la combustión de combustibles fósiles o la quema de madera y otros materiales que contienen carbono.

Además, esta solución se alinea perfectamente con los objetivos 12 y 13 de Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [7], los cuales hacen un llamado a tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos negativos en el planeta y en la población mundial. Al aplicar la solución propuesta, se estaría contribuyendo directamente al logro de los objetivos establecidos en los capítulos, tales como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la promoción de tecnologías limpias y sostenibles en diferentes sectores de la economía. En resumen, esta solución puede ser una herramienta valiosa para luchar contra el cambio climático y avanzar hacia el futuro más sostenible.

A manera de discusión, se realizaron revisiones en bases de datos de patentes relevantes nacionales e internacionales, buscando filtros ecológicos con medios filtrantes similares al modelo propuesto, sin obtener resultados directos. Por tanto, se consideraron como opciones de comparación aquellos filtros ecológicos que emplean diferentes medios filtrantes. A pesar de la ausencia de coincidencias exactas, la diversidad de alternativas identificadas ofrece un amplio abanico de enfoques y aplicaciones prácticas.

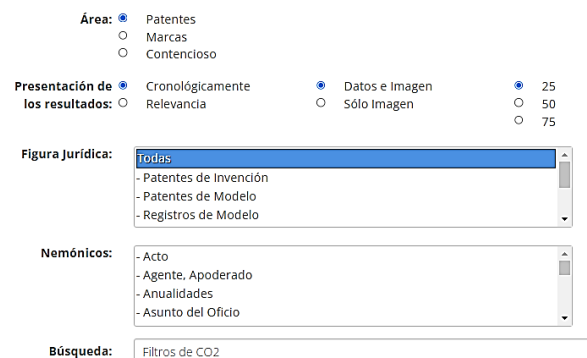


Figura 7. Búsqueda en IMPI [15]

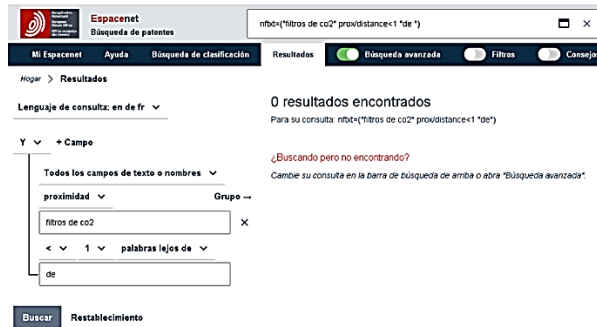


Figura 8. Búsqueda en Espacenet [16]

Para darle mayor veracidad al presente proyecto, sus resultados se compararon con los obtenidos por tres artículos similares, ya publicados.

De acuerdo al artículo denominado “Filtro de aire biológico usando microalga *Chlorella SP*” [17], se menciona, que se ha logrado determinar de manera bibliográfica, que un litro de solución concentrada de dicho agente biológico marino, posee la capacidad de capturar CO₂, siendo esta de 1.2 gramos por litro al día respectivamente; cabe mencionar que el filtro biológico adsorbería el 0.5% de emisiones contaminantes totales de la CDMX.

De tal manera, que el dicho análisis tiene como punto de coincidencia; demostrar con sustento científico que los agentes naturales como las fibras, son materiales aptos para la captura de CO₂, así mismo podemos mencionar que nuestro filtro tiene una capacidad de reducir hasta un 67% de dichas emisiones contaminantes en su máximo punto de vida útil.

La siguiente investigación denominada “Carbón activado: Alternativa para la purificación de gases de combustión” [18], contextualiza que la naturaleza puede suministrar cuerpos con características necesarias para realizar un proceso de adsorción, por lo que es necesario una selección minuciosa de la materia prima. Hoy en día es más frecuente el empleo de carbonos activados, debido a que dichos materiales son versátiles y se pueden utilizar por sus capacidades de retener CO₂. Así mismo, se menciona que se obtienen a través de un proceso de carbonización de agentes como lo son desechos agroindustriales (cascaras, conchas, semillas, entre otros.)

El artículo anterior tiene como punto de comparación y discusión la utilización de residuos agroindustriales como punto en común, sin embargo, nuestro filtro es natural y no requiere de un proceso de carbonización para su fabricación, por lo que evita el empleo de energía, lo cual se refleja en la reducción de emisiones de CO₂, mientras que el uso de carbón activado requiere de dicho proceso

por lo que lo hace un agente que no es tan amigable con el medio ambiente.

En el tercer artículo, “Sistema purificador de aire contaminado acoplado en el exterior de un autobús” [19] se propone la elaboración de un sistema purificador de aire aunado en la parte externa superior de un autobús, de tal manera que dicho vehículo tenga la capacidad de reducir agentes gaseosos contaminantes, además de su principal fin, que es el transporte.

Un punto a discutir de dicha investigación es su contradicción en cuanto a la reducción de partículas gaseosas contaminantes, debido a que su proceso de fabricación genera emisiones de CO₂ para su fabricación, siendo un punto a destacar, ya que el ECO2 FILTER, únicamente aprovecha el residuo agroindustrial como agente de captura de gases contaminantes, dándole un segundo uso a estos desechos sin la necesidad de generar emisiones de CO₂ en su fabricación.

CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto, se presentó el proceso de elaboración de un filtro capaz de adsorber CO₂ a partir de las emisiones producidas en la postcombustión de combustibles derivados del petróleo. Se abordaron las fuerzas intermoleculares responsables de llevar a cabo la adsorción exitosa, como los enlaces de Van der Waals, las características físicas y químicas del CO₂ y la capacidad adsorbente de la fibra de coco. Fue por esta razón que se eligió esta última como agente activo del filtro a instalar.

Desde finales del siglo XIX y principios del siglo XX, la Revolución Industrial le dio un giro de 180° al desarrollo de nuestra civilización, pero también marcó el inicio del aumento de la temperatura a nivel mundial, por acción del efecto invernadero, el cual se produjo por la acumulación desmedida de gases CO₂ y otros, por acción de las emisiones de residuos gaseosos, productos de la combustión que le da potencia a las máquinas que mueven nuestra sociedad y consumo.

A lo largo del siglo pasado, se gestó el peligro de llegar a un punto de no retorno, que afectaría no solo a nuestra especie, sino a toda la vida en este planeta. Por esta razón, es importante tomar medidas que reduzcan el impacto de la actividad humana sobre el medio ambiente y frenar el cambio climático.

La Agenda 2030 muestra diversos objetivos fundamentales, entre ellos, el 12 y el 13 [7], que abordan la necesidad de frenar el cambio climático por medio de tecnologías sustentables. Es por ello que los resultados obtenidos en este proyecto son altamente relevantes y

factibles para aplicar nuevas medidas a nivel industrial e incluso en nuestros hogares.

Un filtro de dióxido de carbono construido a partir de fibra de coco, es una solución económica y accesible para todos, que nos permitirá aportar nuestro granito de arena en la remediación de nuestro medio ambiente y prosperar como naciones unidas en un solo objetivo: Vivir en armonía con todas las formas de vida que habitan nuestro planeta. Este proyecto nos ha demostrado que, mediante el uso de tecnologías sustentables, podemos alcanzar este objetivo, y así, asegurar un futuro más sostenible para nosotros y las generaciones venideras.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este estudio. En primer lugar, agradecemos a Dios y a la doctora Sandra Marleni Sanchinelli Berges, por ser sustento moral en este proyecto.

A nuestros colaboradores: Ing. Elí Manuel Austria Hernández e Ing. Edgar Lorenzo Hernández Pérez, cuyo apoyo y orientación fueron fundamentales para el desarrollo de la investigación.

Expresamos nuestro agradecimiento al Tecnológico Nacional de México / I.T. de Villahermosa, por brindarnos acceso a sus instalaciones y recursos, lo cual fue crucial para llevar a cabo los experimentos y recopilar los datos necesarios.

Sin la colaboración y el respaldo de todas estas personas e instituciones, este estudio no habría sido posible. Su contribución ha sido invaluable.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Naciones Unidas [ONU]. ¿Qué es el cambio climático? Acción por el clima. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>. Publicado el 14 de septiembre de 2021.

[2] National Geographic. ¿Qué es el calentamiento global? Nat Geo Web. 2022 [Citado el día de 12 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global>

[3] BBC News Mundo. Cambio climático: Guía simple para entender el calentamiento global. BBC Noticias. [Internet]. 2021 [citado el día 12 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-58912801>

[4] Hernández G. Emisiones de gases de efecto invernadero y sectores clave en Colombia. El trimestre económico. 2021;88(350). Disponible en:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-718X2021000200523&script=sci_arttext

[5] Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible y Ordenamiento Territorial. Estrategia de Eficiencia y transición energética del estado de Puebla. Gobierno de Puebla. 2021. Disponible en: https://smadsot.puebla.gob.mx/images/EETEEP_Final_2_compressed.pdf

[6] Naciones Unidas [ONU]. Las emisiones mundiales de CO₂ repuntaron en 2021 hasta su nivel más alto en la historia. 2022. Disponible en: <https://unfccc.int/es/news/las-emisiones-mundiales-de-co2-repuntaron-en-2021-hasta-su-nivel-mas-alto-de-la-historia#>

[7] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe.* 55-62. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

[8] Grupo Gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [CEPAL]. (2019). *Calentamiento global de 1.5 °C.*

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/1_PCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf

[9] Villasís-Keever M.A, Miranda-Novales M.G. El protocolo de investigación IV: las variables de estudio. Rev Alerg Mex. 2016;63(3):303-310. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755025003.pdf>

[10] Molina Arias M. Métodos analíticos de normalidad. Momentos. 2023;15(2):4. Disponible en: <http://revistaanestesiario.org/index.php/rear/article/view/1108>

[11] Amaguaña, María B. (2021). *Simulación en interacciones de tipo Van der Waals en sistemas moleculares.* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. DSpace ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15020/1/86T00120.pdf>

[12] Naciones Unidas [ONU]. El acuerdo de París. [Internet]. Naciones Unidas Web. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

[13] Tratado de París. United Nations, Climate Change, 2015. Disponible en:

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5396063&fecha=10/06/2015#gsc.tab=0

[14] Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. 2015. Disponible en: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/7251/1/nom-041-semarnat-2015.pdf>

[15] Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA). (2023). <https://siga.impi.gob.mx/newSIGA/content/common/principal.jsf>

[16] Espacenet (2023). Búsqueda de patentes. <https://lp.espacenet.com/>

[17] Reyes C, Servín A. Filtro de aire biológico usando microalga Chlorella SP. [Internet] Bachillerato Colegio Martinak; 2017. Disponible en: <https://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2017/trabajos-ciencias-biologicas/biologia/7.pdf>

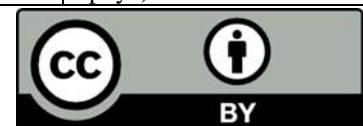
[18] De la Hoz M, Sarmiento J. Carbón activado: Alternativa para la purificación de gases de combustión. [Internet] Universidad Metropolitana, Facultad de Ingeniería; 2018. Disponible en: <https://venezuelagas.org/wp-content/uploads/2020/05/De-la-Hoz-y-Sarmiento-2018-UNIMET.pdf>

[19] Bover T. Sistema purificador de aire contaminado acoplado en el exterior de un autobús. [Internet] Universitat Politècnica de Catalunya; 2021. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/356626/TFG_TOMEU%20BOVER%20RIUS_SISTEMA%20PURIFICADOR%20DE%20AIRE%20ACOPLADO%20EN%20UN%20AUTOB%20C3%9AS.pdf?sequence=3&isAllowed=y

ROLES DE CONTRIBUCIONES

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Guerra Sanchinelli José Fernando (principal) , Aguilar Torres Jorge Luis (que apoya), Toledo Linares Reyna Lizbeth (que apoya).
Curación de datos	Toledo Linares Reyna Lizbeth.
Metodología	Rodríguez Jiménez Carlos.

Administración del proyecto	Rodríguez Jiménez Carlos (principal), Guerra Sanchinelli José Fernando (que apoya).
Recursos	Guerra Sanchinelli José Fernando (principal) , Aguilar Torres Jorge Luis (que apoya), Toledo Linares Reyna Lizbeth (que apoya).
Software	Rodríguez Jiménez Carlos (principal), Guerra Sanchinelli José Fernando (que apoya).
Supervisión	Rodríguez Jiménez Carlos.
Validación	Rodríguez Jiménez Carlos.
Visualización	Guerra Sanchinelli José Fernando (principal), Aguilar Torres Jorge Luis (que apoya), Toledo Linares Reyna Lizbeth (que apoya).
Redacción	Guerra Sanchinelli José Fernando (principal), Rodríguez Jiménez Carlos. (que apoya).
Redacción	Guerra Sanchinelli José Fernando, Rodríguez Jiménez Carlos. (que apoya).



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.