Licenciatura: Ingeniería Mecánica

Nombre del Proyecto de Integración:

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado

Modalidad: Proyecto Tecnológico

Versión: Primera

Trimestre lectivo: 23I

Datos de los alumnos:

Espinosa Oliva Ricardo Gibran 2183002344
al2183002344@azc.uam.mx

Firma

Moreno Reyes Guillermo 2183003618
al2183003618@azc.uam.mx

Firma

Asesor:
Ing. Romy Pérez Moreno
Categoría: Asociado
Departamento de adscripción: Energía
Teléfono: 5553189069
Correo electrónico: romy@azc.uam.mx

Firma

Co-Asesor:
M. en C. Iván González Uribe
Categoría: Asociado
Departamento de adscripción: Energía
Teléfono: 5533067531
Correo electrónico: igu@azc.uam.mx

Firma

Co-Asesor:
Dr. Israel Barragán Santiago
Categoría: Asociado
Departamento de adscripción: Energía
Teléfono: 5553189068
Correo electrónico: isbasa@azc.uam.mx

Firma

24 de Mayo de 2023

Declaratoria

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Espinosa Oliva Ricardo Gibran

Moreno Reyes Guillermo

Ing. Romy Pérez Moreno

M. en C. Iván González Uribe

Dr. Israel Barragán Santiago

1. Introducción

Un respirador mecánico es un dispositivo cuya finalidad es proporcionar una respiración artificial a un paciente que carece o tiene dificultades en dicha función. El proceso en esencia consiste en un ventilador que suministra una mezcla de aire y oxigeno mediante un tubo endotraqueal al paciente. No obstante, el uso del respirador mecánico no está exento de problemas, y uno de los más notables son las infecciones causadas por los microorganismos en el aire suministrado, pudiendo incluso contraer neumonía o el propio SARS CoV-2, enfermedades que pueden causar una pérdida de la capacidad pulmonar mortal, lo anterior da la razón de la importancia de que un respirador mecánico cuente con un filtro de buena calidad [1].

Por un lado, la zeolita, cuenta con una ordenación tridimensional con predominancia en una estructura abierta, teniendo la capacidad para incorporar y ceder agua y cationes, sin cambios importantes en el edificio cristalino [2]. Por otro lado, el carbón activado, que es un tipo de carbón poroso preparado artificialmente, puede cambiar la configuración de su porosidad de forma personalizada, siendo adsorbentes muy versátiles [3].

Por la situación antes expuesta, se propone el diseño y manufactura de un filtro de zeolita con carbón activado, dispositivo que representa una solución eficaz para cumplir la tarea de purificar el aire suministrado por el respirador, y se espera pueda proporcionar un aire purificado de entre un 96% a 99 % [4], esto basado en el hecho que ambos materiales cuentan con características que los convierten en filtros confiables.

También se buscará diseñar e implementar un sistema de automatización de uno de los procesos mecatrónicos llevados a cabo por el respirador mecánico: el control del suministro de aire y oxígeno. Todo lo anterior mediante la implementación de sensores, actuadores y un controlador en el compresor encargado de suministrar aire exterior y las electroválvulas encargadas de la mezcla oxígeno-aire.

Dicha automatización buscará ayudar al personal médico para la configuración de la mezcla destinada al paciente de turno, siempre cumpliendo con los requerimientos y estándares médicos apropiados, apegados a las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el tema específico.

2. Antecedentes

El 30 de junio de 2022, los alumnos Miguel Ángel Medina y Ramsés Fernández Cruz de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco presentaron un proyecto de integración titulado **“Diseño mecánico de un concentrador de gases presurizados, para un ventilador mecánico de asistencia en enfermedades respiratorias”**, en el cual se realizó el diseño mecánico del sistema de compresión, así como, los cálculos correspondientes para obtener los esfuerzos generados y evitar una falla estructural en el diseño [5]. De este documento se pretende consultar información sobre las presiones a las que trabaja el concentrador de gases para el ventilador mecánico, ya que conocer las condiciones a las que opera es una parte fundamental para la puesta en marcha y prevenir fallos en el funcionamiento.

Otro de los proyectos desarrollados fue el elaborado en abril de 2021 por Federico Samuel López Barrionuevo que lleva por nombre **“Desarrollo de un sistema de filtrado con zeolita en mascarillas de uso industrial”**, el cual consistió en desarrollar filtros a base de zeolita para usarlos en mascarillas industriales y que permitan la absorción de plomo, eliminación de partículas, vapores y gases tóxicos. De este proyecto se pretende recabar información del uso de la zeolita como medio filtrante [6], que permita diseñar el sistema de purificación de aire del filtro.

El 7 de octubre de 2022, los alumnos César Alejandro López Sánchez y María Cecilia Herrera Corona de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco realizaron un proyecto denominado **"Construcción de un respirador mecánico no invasivo."** que consistió en la manufactura de los elementos estructurales que fungen como soporte del ventilador, la interconexión de los elementos tanto neumáticos, eléctricos y de control para hacer un prototipo funcional [7]. De este proyecto se pretende utilizar la estructura manufacturada del respirador mecánico, además de consultar información del sistema neumático controlado mediante un PLC, esto con la finalidad de poner en operación todo el sistema completo.

En 2020 Medtronic liberó la patente del diseño y el manual de servicio de la línea de respiradores artificiales portátiles 560 esto para frenar la aceleración del virus en ese momento, de este material se pretende consultar el manual de operación de un respirador artificial **"Puritan Benett modelo 560"** de la marca Covidien, con la finalidad de consultar información importante referente a los parámetros de funcionamiento con los que trabajan este tipo de aparatos médicos, ya que pueden ser tomados en cuenta como referencia al momento de establecer los parámetros de nuestro dispositivo [8].

3. Justificación

Uno de los aspectos que reveló la pandemia del SARS CoV-2 fue la poca capacidad del país para responder ante la amenaza de una enfermedad que atacaba el sistema respiratorio. Con un saldo de 330 mil muertos en un lapso de ya casi 3 años [9] y con muchos sobrevivientes con secuelas respiratorias significativas, la demanda de equipos destinados para atender este tipo de padecimientos sigue en alta a ya casi 3 años del inicio de la pandemia.

La disponibilidad de un filtro que sea capaz de purificar el aire de forma eficiente, y que además pueda ser remplazado en caso de sufrir desgaste o daños graves, apoyaría la esperanza de vida útil de los respiradores mecánicos actuales e indirectamente aportaría en la solución de la demanda de dichos equipos.

La automatización de los procesos mecatrónicos del respirador también apoyaría al personal médico, debido a que les facilitaría el monitoreo de los pacientes incrementando la cantidad de personas que dicho personal podrá atender.

4. Objetivos

Objetivo general

Realizar el diseño mecánico y la manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

Objetivos particulares

Realizar el diseño mecánico del filtro de Zeolita y carbón activado para la purificación del aire.

Manufacturar las partes que fueron diseñadas.

Ensamblar y montar los elementos electromecánicos en el respirador.

Realizar la programación del PLC para el control de la mezcla aire-oxígeno del respirador mecánico no invasivo.

Poner en operación el equipo.

Realizar el manual de operación del equipo.

5. Descripción técnica

El filtro de aire con estructura de forma cilíndrica (Figura 1) que se plantea diseñar y construir debe cumplir con lo siguiente:

- Altura: 15 cm.
- Base de 10 cm.
- Soportar un flujo de la mezcla de aire y oxigeno de 120 l/min.

El diámetro de entrada y salida del filtro deberá ser aproximadamente un 20% menor al de los tubos endotraqueales para su fácil conexión y desconexión.

Filtro de partículas gruesas de origen comercial con diámetro de 10 cm.

Filtro de carbón activado de procedencia comercial con diámetro de 10 cm.

Se usará Zeolita comercial en su presentación granulada.

Anillos destinados a asegurar los filtros de partículas gruesas y de carbón activado con diámetro de 10 cm.

Tamices destinados a asegurar la sección de filtración de Zeolita con diámetro de 10 cm.

Tapa enroscada de 10 cm de diámetro.

El filtro deberá proporcionar en su salida aire purificado a un mínimo del 80%.

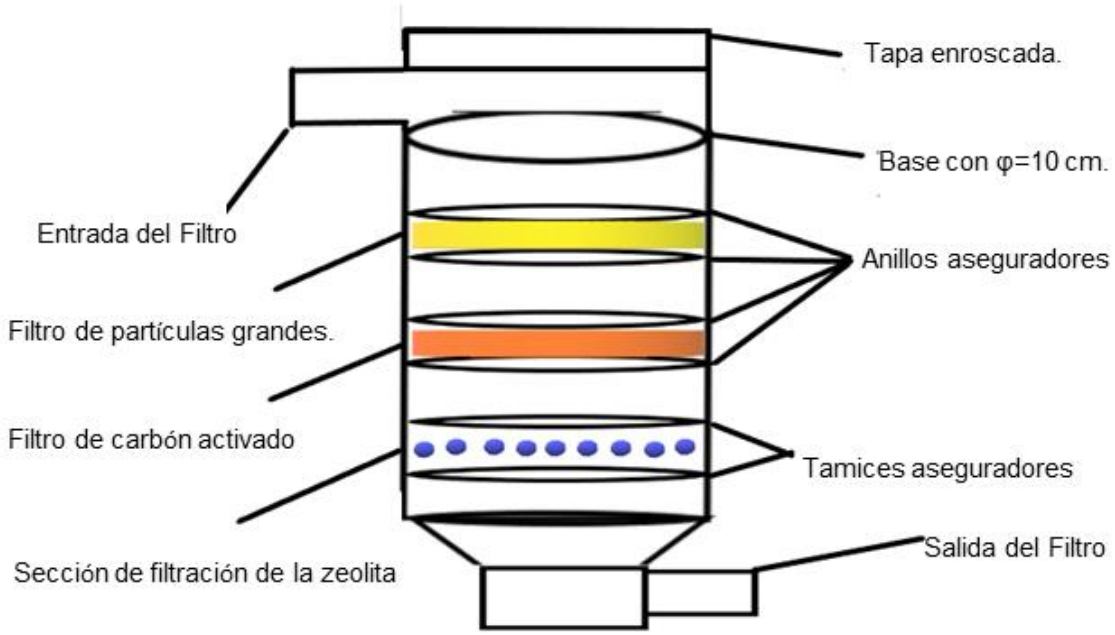

Figura 1.-Diagrama del filtro de Zeolita con carbón activado

El sistema diseñado para la automatización constará de un control de las electroválvulas E-4V220-08 con la finalidad de controlar el flujo de aire que se utilizará en el equipo. Las señales de operación del respirador son proporcionadas por el PLC modelo DVP-14SS2 de la marca Delta, que recibe señales eléctricas de sensores que monitorean la presión que existe dentro del cilindro del concentrador de gases. Esto con el objetivo que el personal médico pueda controlar variables como, la relación de inspiraciones/espiraciones por minuto o el caudal de la mezcla de gases de acuerdo con los requerimientos del paciente.

6. Normatividad

NMX-S-054-SCFI-2013, Seguridad-Equipo de protección personal-Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas-Especificaciones y métodos de prueba [10].

La utilización de la norma se basa en la importancia de los requerimientos mínimos y métodos de prueba que deberán cumplir los filtros purificadores de aire contra partículas nocivas presentes en el ambiente.

ISO 8573-1: 2010, Define clases de calidad del aire basadas en tipos de contaminantes específicos para permitir a los usuarios determinar los niveles de pureza apropiados para cualquier aplicación dada [11].

Podría ser utilizada como guía de referencia que permita estimar los parámetros y clasificación de la pureza del aire teniendo en cuenta su concentración en partículas de agua, aceite o gas y contaminantes microbiológicos Se utilizará guía para comprender los niveles de pureza del aire dentro de un sistema de aire comprimido.

ISO 8573-Parte 4 e ISO 8574- Parte 7 [11].

Se podrán usar como referencia para los valores empleados en esta propuesta, las cuales consisten en pruebas de rendimiento del respirador, y en estas se describen métodos (ensayos para el conteo de partículas fijas y contaminantes microbiológicos respectivamente) para probar y cuantificar una muestra de aire para determinar en qué clase de pureza se encuentra.

ISO 16900-6:2021 Respiratory protective devices — Methods of test and test equipment — Part 6: Mechanical resistance/strength of components and connections [12].

De este documento se utilizará la información que especifica el método de prueba para la resistencia mecánica y la fuerza de los componentes de los dispositivos de protección respiratoria.

ISO 12500-3:2009 — Filtros para aire comprimido — Parte 3: Partículas [13].

Proporcionará orientación para las pruebas y métodos de determinación de la eficiencia de eliminación de partículas utilizando el filtro, por tamaño de partícula. Por partículas sólidas los filtros deben encontrarse en el rango de 0.01 < 5.0 µm, para filtros de tipo fino, y partículas de 5.0 > 40 µm, para filtros de tipo grano grueso.

NOM-Z-3-1986 (vistas), NOM-Z-4-1986 (líneas), NOM-Z-5-1986 (rayados), NOM-Z-6-1986 (cortes y secciones), NOM-Z-25-1986 (acotaciones), NOM-Z-65-1986 (escalas), NOM-Z-68-1986 (dimensiones y formatos de las láminas de dibujo), NOM-Z-74-1986 (cuadro de referencias) [14].

Las normas se utilizarán al crear el dibujo del filtro para el respirador, estas normas nos dirán las características y especificaciones que debe de tener el dibujo técnico, también como aplicar el

grosor de las líneas, acotaciones, vistas, esto con la finalidad de realizar un dibujo que cuenta con una representación gráfica clara.

7. Cronograma

UEA(s) para las que se solicita autorización:

- ✓ Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I

No	Trimestre	Trimestre 23-P											
		Semana											
	Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Diseñar el filtro de Zeolita	x	x	x	x								
2	Elaborar los planos del filtro de Zeolita				x	x	x						
3	Manufacturar el filtro de Zeolita						x	x	x				
4	Probar el funcionamiento del filtro y analizar los resultados								x	x			
5	Ensamblar los componentes al respirador mecánico no invasivo									x	x	x	x
6	Diseño del sistema de automatización											x	x

No	Trimestre	Trimestre 23-O											
	Actividades	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Diseño del sistema de automatización	x	x	x	x								
2	Programar el sistema planteado				x	x							
3	Poner en operación el respirador mecánico					x	x	x	x				
4	Elaborar el manual que describa el uso del respirador							x	x	x			
5	Redactar y entregar el Reporte Final	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

8. Entregables

- Filtro de Zeolita con carbón activado.
- Ventilador mecánico ensamblado y en operación.
- Reporte Final del Proyecto de Integración.

9. Referencias bibliográficas

[1] ATS Patient Education Series, 2017, *Mechanical Ventilation*, American Journal of Respiratory Critical Care Medicine, Vol. 196, P3-4.

[2] Costafreda Mustelier J. L., 2014. Tectosilicatos con características especiales: las zeolitas naturales, Fundación Gómez Pardo,Madrid cap.1.pp.4-6.

[3] Donaciano L., González A., Gordon M., y Martín N. 2007. Obtención de carbón activado a

partir de la cascara de coco, área Termo fluidos y Depto. Química, Universidad Autónoma Metropolitana.

[4] Grace Wu, 2014, Adriana Velázquez Berumen, "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CONCENTRADORES DE OXÍGENO", Organización Mundial de la salud, Ginebra, Suiza.

[5] Medina, M. Á., & Fernández Cruz, R., 2022. "Diseño mecánico de un concentrador de gases presurizados, para un ventilador mecánico de asistencia en enfermedades respiratorias". Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

[6] López Barrionuevo, F., 2021. "Desarrollo de un sistema de filtrado con zeolita en mascarillas de uso industrial". Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

[7] López Sánchez, C. A., & Herrera Corona, M. C., 2022. "Desarrollo de un sistema de filtrado con zeolita en mascarillas de uso industrial". Proyecto de Integración. Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

[8] Covidien, 2017, "Manual de operación Puritan Benett, respirador 560", Medtronic, Irlanda.

[9] Secretaria de Salud., 2023 "Exceso de mortalidad por todas las causas, Durante la emergencia por COVID-19, México, 2020 – 2022", obtenido de: https://coronavirus.gob.mx/exceso-de-mortalidad-en-mexico/.

[10] Organismo Nacional de Normalización (ONN), 2013**, "Seguridad-Equipo de protección personal-Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas-Especificaciones y métodos de prueba"**, 054.

[11] Organismo Internacional de Estandarización (ISO), 2010**, "Define clases de calidad del aire basadas en tipos de contaminantes específicos para permitir a los usuarios determinar los niveles de pureza apropiados para cualquier aplicación dada",** 8573-1, 8573-4, 8573-1, 8573-7.

[12] Organismo Internacional de Estandarización (ISO), 2021, **"Respiratory protective devices — Methods of test and test equipment — Part 6: Mechanical resistance/strength of components and connections",** 16900-6.

[13] Organismo Internacional de Estandarización (ISO), 2009, **"Filtros para aire comprimido Parte 3: Partículas"**, 12500-3.

[14] Organismo Nacional de Normalización (ONN), 1986, "**Normas Oficiales de dibujo técnico"**, 3, 4, 5, 6, 25, 65, 68, 74.

10. Terminología

Zeolita: familia de silicatos (materiales que están compuestos en parte por silicio y oxigeno) que destaca por su porosidad, así como por su capacidad de tanto hidratarse como deshidratarse

Filtro de Zeolita: filtro que aprovecha la porosidad de la Zeolita para limpiar el aire de microorganismos.

Carbón activado: familia de carbones que han sido sometidos a un proceso de "Activación", (proceso en donde se sobrecalienta el material) adquiriendo la capacidad de actuar como esponjas y cierto grado de porosidad.

Filtro de Carbón activado: filtro que aprovecha las capacidades del carbón activado para limpiar de contaminantes e incluso eliminar olores de algún medio.

11. Infraestructura

Centro de Desarrollo Asistido por Computadora (CEDAC – Alexandria), edificio 2p, primer piso.

Taller de Mecánica, edificio 2p, planta baja.

Software Inventor, versión para estudiantes.

Los recursos necesarios para la realización de este proyecto serán proporcionados por la Universidad Autónoma Metropolitana.

12. Asesorías complementarias

Para la elaboración de la pintura destinada para el ventilador mecánico se solicitará con el apoyo del profesor Jorge Antonio Bermúdez García, del Taller de Acabados de CyAD.

13. Publicación o difusión de resultados

No se tiene la intención de publicar.