



DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTACIÓN

DE DOS RESPIRADORES AUXILIARES DE EMERGENCIA DE BAJO COSTO

PARA EL APOYO AL SECTOR SALUD ANTE EL COVID-19

CDC
COLECCIÓN
DIVULGACIÓN
CIENTÍFICA

LUIS CASTAÑEDA-AVIÑA
ELEAZAR LARA-PADILLA



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS



**COLECCIÓN
DIVULGACIÓN
CIENTÍFICA**

Cada libro de la Colección Divulgación Científica es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos. Invitamos a ver el proceso de dictaminación transparentado en



<https://doi.org/10.52501/cc.040>

www.comunicacion-cientifica.com

Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de libros de investigación digitales e impresos en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales de dictaminación, comités y ética editorial, acceso abierto, medición del impacto de la publicación, difusión, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Diseño, construcción e instrumentación de dos respiradores
auxiliares de emergencia de bajo costo para el apoyo al
Sector Salud ante el COVID-19

LUIS CASTAÑEDA-AVIÑA
ELEAZAR LARA PADILLA



*A la memoria de Otilio Alberto Castañeda García
y Lidia Ofelia Aviña Echazarreta*

Castañeda Aviña, Luis

Diseño, construcción e instrumentación de dos respiradores auxiliares de emergencia de bajo costo para el apoyo al sector salud ante el COVID-19 / Luis Castañeda-Aviña, Eleazar Lara Padilla. — Ciudad de México : Comunicación Científica, 2022. — 57 páginas : ilustraciones. — (Colección Divulgación Científica).

ISBN 978-607-99746-1-9

DOI 10.52501/cc.040

1. Respiradores (Equipo médico) — Diseño y construcción. 2. COVID-19. I. Lara Padilla, Eleazar, autor. II. Título. III. Serie.

LC: HD9995.R482

Dewey: 617.1806

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2022



D.R. Luis Castañeda Aviña, Eleazar Lara Padilla

Ediciones Comunicación Científica, S.A. de C.V., 2022

Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400,

Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México, México,

Tel. (52) 55-5696-6541 • móvil: (52) 55-4516-2170

info@comunicacion-cientifica.com • infocomunicacioncientifica@gmail.com

www.comunicacion-cientifica.com  comunicacioncientificapublicaciones

 @ComunidadCient2

ISBN 978-607-99746-1-9

DOI doi.org/10.52501/cc.040

Este libro es una publicación de acceso abierto con los principios de Creative Commons Attribution 4.0 International License que permite el uso, intercambio, adaptación, distribución y transmisión en cualquier medio o formato, siempre que dé el crédito apropiado al autor, origen y fuente del material gráfico. Si el uso del material gráfico excede el uso permitido por la normativa legal deberá obtener el permiso directamente del titular de los derechos de autor.

Índice

<i>Resumen</i>	9
<i>Introducción</i>	11
<i>Diseño de los prototipos tipo ambú y tipo pistón</i>	15
Respirador tipo ambú	15
Respirador tipo pistón	18
<i>Manufactura de las partes de los prototipos: tipo pistón y ambú.</i>	21
Tipo pistón	22
<i>Descripción de la instrumentación de los respiradores tipo ambú y tipo pistón</i>	27
Motor de corriente continua	27
Motor a pasos (bipolar) Nema 23	28
TB6600 Controlador de motor paso a paso digital de 2 fases	29
Sensor mecánico (Final de carrera)	29
Respirador manual de PVC tipo ambulatorio	30
Tarjeta Arduino UNO	30
<i>Resultados</i>	33
<i>Conclusiones</i>	41
<i>Referencias</i>	43
<i>Sobre los autores</i>	45

<i>Anexos</i>	47
Anexo 1: Código de la leva del respirador tipo pistón y ambú . .	47
Anexo 2: Código de los engranes del respirador tipo pistón y ambú	54

Resumen

El presente libro aborda el diseño, construcción e instrumentación de dos prototipos de respiradores tipo ambú y pistón de bajo costo para el apoyo al sector salud ante el covid-19. El objetivo es el diseño y manufactura mecánica, así como el ensamble de los elementos que conforman la instrumentación (sensores y actuadores) y las tarjetas encargadas de controlar el movimiento, logrando expulsar un flujo adecuado bajo ciertos parámetros que involucran el diseño y manufactura de una leva que proporciona el perfil adecuado de flujo necesario para pacientes adultos. Se muestran resultados de la construcción y ensamble de los dos prototipos de respiradores auxiliares.

Palabras clave: Respirador tipo pistón, respirador tipo ambú, manufactura inteligente de levas y engranes.

Luis Castañeda Aviña

Investigador de la Universidad Estatal del Valle de Ecatepec. Doctor en Ciencia e Ingeniería de Materiales por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha trabajado por varios años dentro del campo de preparación de óxidos metálicos semiconductores en forma de película delgada, fotoluminiscencia, propiedades ópticas de semiconductores y dispositivos químicos de sensado de diferentes gases. Ha publicado alrededor de cien artículos en diversas revistas de arbitraje a nivel internacional, cuenta con alrededor de ochocientas citas; asimismo, ha publicado cuatro capítulos de libros, y seis libros en editoriales internacionales.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3325-1714>

Eleazar Lara Padilla

Licenciatura de Médico Cirujano y Partero en la Escuela Superior de Medicina (ESM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Máster en Alto Rendimiento Deportivo en la Facultad del Deporte de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y Doctor en Ciencias en la misma institución. Ha participado en 29 proyectos de investigación en el área médico-biológica, apoyados por la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el Fondo de Estudio e Investigaciones Ricardo J. Zevada. Asimismo es coautor de 78 artículos de trabajos de investigación publicados en revistas nacionales e internacionales, sobre temática del área médico biológica, durante el período 1984-2015

ORCID; <https://orcid.org/0000-0002-9973-6362>

Introducción

En los últimos tiempos, la humanidad ha realizado avances en la medicina, desde tratamientos y medicamentos hasta instrumentos y aparatos médicos. Lo anterior ha contribuido enormemente a aumentar el porcentaje de nacimientos exitosos, a desarrollar terapias para tratar afecciones y a crear medicinas que combatan las enfermedades. Debido a esto, la esperanza de vida del ser humano ha aumentado de manera significativa desde principios del siglo XIX (Flisser, 2009). Sin embargo, también las enfermedades evolucionan y cambian día a día, haciéndose más complejas, en especial los virus (Domingo, 2000). Los virus son capaces de evolucionar y desarrollar resistencia contra las medicinas, lo que ha causado un incremento en las enfermedades existentes, con mayor complejidad en su composición y de mayor resistencia a medicamentos (Jiang, 2021).

A finales del año 2019 inició un brote mundial de una enfermedad respiratoria causada por la mutación de un virus de la familia corona. El mundo está sufriendo los estragos de una pandemia originada por la enfermedad del coronavirus tipo 2 (COVID-19) del síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV-2) (Serra, 2020). Este virus se ha propagado rápidamente; para el mes de mayo del año 2021, se han registrado 161 513 458 casos confirmados de COVID-19 en todo el mundo, incluyendo 3 352 109 muertes reportadas (The World Health Organization Coronavirus [COVID-19] Dashboard).

En varias partes del mundo, los hospitales han colapsado. La cantidad de pacientes que requieren asistencia de respiradores auxiliares de emergencia

superan el número de camas disponibles en las unidades de cuidados intensivos (Mendoza-Popoca, 2020). Asimismo, se ha incrementado la demanda de respiradores mecánicos para los pacientes graves (Chachaima-Mar, 2020). Aunado a ello, el precio de los ventiladores mecánicos es muy elevado, en México, entre 16 000 y 24 000 dólares por unidad. Más de 23 000 respiradores artificiales fueron adquiridos por nueve países latinoamericanos, desde comienzos de marzo y hasta finales de mayo del 2020, para dotar las unidades de cuidado intensivo de sus hospitales y atender a los centenares de enfermos graves por COVID-19 que los requieran. Sin embargo, la demanda supera la cantidad de respiradores disponibles.

Debido a la escasez de respiradores auxiliares, recientemente han surgido comunidades de investigadores buscando desarrollar este equipo biomédico. Por ejemplo, en Argarwal (2021) se presenta el diseño y la estructura física de respiradores. También presenta el estudio de los requerimientos básicos para construir la estructura del respirador en un ambiente hospitalario. En Breslin (2020) se realiza el desarrollo de un ventilador mecánico de emergencia basado en un turbocompresor axial. Este trabajo desarrolla un prototipo económico de un respirador para asistencia ventilatoria a pacientes en salas de emergencia.

El diseño de un prototipo preliminar de un respirador portable es presentado en Majid (2020). Esta investigación realiza un diseño simple para usar y construir un respirador para pacientes de COVID-19 en casos de emergencia. También se estudia la manufactura y el ensamble del respirador. En Fang (2020) se presenta el diseño y manufactura de un respirador clínico de bajo costo, llamado AmbuBox. Este sistema utiliza una caja neumática controlable y un resucitador manual estándar, lo que lo hace fácil de implementar en pacientes graves de COVID-19. El AmbuBox cuenta con un mínimo de componentes de manufactura y ensamblaje y utiliza un control de flujo de alta precisión. El prototipo continúa en pruebas clínicas y sus métodos de fabricación y montaje se encuentran disponibles en Internet, lo que permite su reproducción a corto plazo mediante una planta de fabricación local genérica. Además, incluye una lista completa de los componentes utilizados para reflejar su naturaleza de bajo costo.

Una revisión de diferentes modelos de respiradores artificiales es presentada en Flor (2020). Este trabajo realiza una revisión físico-matemática

de los mecanismos desarrollados como propulsores de gas (aire-oxígeno), en ventiladores mecánicos emergentes. Los mecanismos son empleados para presionar bolsas insufladoras, las cuales requieren un torque específico. Se explica el diseño y la manufactura de los respiradores, así como el dimensionamiento y configuración de cada mecanismo. El resultado de este trabajo de investigación mostró que la mayoría de los respiradores emplean un brazo de palanca para aprovechar al máximo el torque del motor. Otro diseño particular de un respirador artificial es presentado por Vasan (2020). En este trabajo se desarrolla y valida un respirador de bajo costo llamado MADVent. El ventilador presentado es simple y portable, lo que posibilita su fácil manufactura con una mínima susceptibilidad a interrupciones durante su funcionamiento. El respirador de emergencia es validado utilizando pulmones artificiales certificados, en una amplia gama de variables como presión, volúmenes y resistencias para cumplir con los estándares de seguridad y eficiencia de la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos. Según los autores, la construcción en masa del respirador presentado podría eliminar la escasez de estas máquinas en los hospitales. Finalmente, toda la información del diseño y validación de los respiradores de emergencia es proporcionada en el artículo, para facilitar su reproducción, incluso, en entornos con recursos limitados.

Un concepto interesante de la manufactura de un ventilador, para emergencias respiratorias a causa del COVID-19, se presenta en Tharion (2020). Este artículo muestra el diseño y desarrollo de una máquina asistente de respiración para ser utilizada por médicos profesionales calificados en salas de emergencia. El respirador presentado es diseñado utilizando materiales de fácil acceso y para ser ensamblado rápidamente.

Este artículo tiene como aportación el diseño y construcción de dos prototipos de respiradores auxiliares emergentes de bajo costo, para apoyo al sector salud ante el COVID-19. La manufactura de estos diseños creados se llevará a cabo utilizando impresoras 3D y CNC torno y fresadora. La programación, para el control del movimiento de los actuadores que presentan estos respiradores será con la tarjeta Arduino. Una vez terminado se realizarán pruebas controladas para verificar el correcto funcionamiento.

Sin más, el presente artículo tiene la siguiente estructura: la sección 2 muestra el diseño de los prototipos; la sección 3 aborda la manufactura de

cada una de las piezas que caracteriza a estos dos prototipos de respiradores auxiliares; la sección 4 presenta la instrumentación que involucra sensores y actuadores requeridos para la manipulación de los prototipos, y finalmente, la sección 5 muestra los resultados finales de su ensamble y presentación de cada prototipo ya construido.

Diseño de los prototipos tipo ambú y tipo pistón

Con el paso de los días y el inevitable aumento de contagios por el nuevo coronavirus, las autoridades sanitarias comienzan a tomar medidas debido a la insuficiencia de respiradores mecánicos que permitan salvaguardar la vida de los pacientes. Ante esta necesidad, la alternativa para la creación de respiradores, a través de impresoras 3D y máquinas CNC (torno y fresadora), resuena en todo el mundo debido a los bajos costos y a la rapidez para fabricarlos. La ventilación manual es una solución a corto plazo en un entorno de cuidados críticos, sin evidencia clínica aparente, con respecto a la seguridad del uso a largo plazo (días-semanas).

El diseño y modelado de los prototipos se realizó a través del Software *SolidWorks*. Posteriormente, se llevó a cabo la manufactura utilizando impresoras 3D y CNC torno y fresadora, así como la utilización de otros tipos de herramientas y equipos. El diseño esquemático de los dos tipos de respiradores (ambú y tipo pistón) se ilustra en la figura 1 y 2, con el fin de describir cada una de sus partes y el movimiento de cada respirador.

Respirador tipo ambú

Este tipo de respirador auxiliar de emergencia se compone de un motor a paso, montado con el juego de engranes acoplados en el eje rotacional que permite el movimiento de la leva. La configuración del diseño presentado,

*Diseño, construcción e instrumentación de
dos respiradores auxiliares de emergencia de bajo
costo para el apoyo al Sector Salud ante el covid-19, de*

Luis Castañeda-Aviña y Eleazar Lara Padilla publicado por
Ediciones Comunicación Científica S. A. de C. V. Se terminó de
publicar en Marzo de 2023.

Diseño, construcción e instrumentación de dos prototipos de respiradores tipo ambú y pistón de bajo costo para el apoyo al sector salud ante el covid-19. El objetivo es el diseño y manufactura mecánica, así como el ensamble de los elementos que conforman la instrumentación (sensores y actuadores) y las tarjetas encargadas de controlar el movimiento, logrando expulsar un flujo adecuado bajo ciertos parámetros que involucran el diseño y manufactura de una leva que proporciona el perfil adecuado de flujo necesario para pacientes adultos. Se muestran resultados de la construcción y ensamble de los dos prototipos de respiradores auxiliares.



Luis Castañeda-Aviña es Doctor en Ciencia e Ingeniería de Materiales por la Universidad Nacional Autónoma de México (unam). Ha trabajado por varios años dentro del campo de preparación de óxidos metálicos semiconductores en forma de película delgada, fotoluminiscencia, propiedades ópticas de semiconductores y dispositivos químicos de sensado de diferentes gases.



Eleazar Lara-Padilla es Médico Cirujano y Partero en la Escuela Superior de Medicina (ESM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Máster en Alto Rendimiento Deportivo en la Facultad del Deporte de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y Doctor en Ciencias en el misma institución.



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS
www.comunicacion-cientifica.com



[DOI.ORG/10.52501/CC.o40](https://doi.org/10.52501/CC.o40)

ISBN: 978-607-99505-6-9



9 786079 950569