



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL  
ECUADOR**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO DEL PROYECTO TÉCNICO**

*Título: “Diseño, fabricación y programación de un prototipo de respirador de emergencia automatizado a partir de una bolsa de resucitación manual para pacientes con dificultad respiratoria”*

*Title: "Design, manufacture and programming of an automated emergency respirator prototype from a manual resuscitation bag for patients with respiratory distress"*

**Autor:**

**Tlgo. Gino Gabriel Carrión Armijos**

**Director:**

**Ing. Marcelo Berrones Rivera, M. I. A.**

Guayaquil, noviembre de 2020

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA**

Yo, Tlgo Gino Gabriel Carrión Armijos, con cédula de ciudadanía No. 0705727642, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado “Diseño, fabricación y programación de un prototipo de respirador de emergencia automatizado a partir de una bolsa de resucitación manual tamaño adulto para pacientes con dificultad respiratoria”. Los conceptos aquí desarrollados, evaluación realizada y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.



---

**Tlgo. Gino Gabriel Carrión Armijos**

**C. C. No.: 0705727642**

## **DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación: titulado “Diseño, fabricación y programación de un prototipo de respirador de emergencia automatizado a partir de una bolsa de resucitación manual tamaño adulto para pacientes con dificultad respiratoria”, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature is cursive and appears to read 'Gino Gabriel Carrión Armijos'.

---

**Tlgo. Gino Gabriel Carrión Armijos**

**C. C. No.: 0705727642**

## DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado “Diseño, fabricación y programación de un prototipo de respirador de emergencia automatizado a partir de una bolsa de resucitación manual tamaño adulto para pacientes con dificultad respiratoria”, desarrollado por el estudiante Tlgo. Gino Gabriel Carrión Armijos, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, a los XX días del mes de 2021.



---

**Ing. Marcelo Berrones Rivera, M. I. A.**  
**Docente Director del Proyecto Técnico**

## DEDICATORIA

En primer lugar dedico este merito a Dios, porque sin su ayuda no estaría aquí cumpliendo esta meta tan importante en mi vida, a mí padre Sr. José Florencio Carrión Palacios el cual siempre confió en mí y jamás me desamparo en el camino, pese a que ya no se encuentra a mi lado en cuerpo, cada día lo siento en espíritu caminando juntos, a mí madre Mercy Anabel Armijos Agurto quién siempre tubo mil palabras de aliento para no dejarme derrumbar cuando el camino se puso sinuoso, a mis hermanos Alex y Omar Carrión Armijos por aconsejarme en todo momento de mi vida; inculcándome valores y ánimos que me permitieron alcanzar esta meta, a quién es como mi segundo padre; mi tío, Lcdo. Luis Armijos quien siempre supo brindarnos la acogida en un hogar, a mi novia Dra. Leyla Arias Nagua quien durante el camino que llevamos juntos siempre confió en mis propósitos y supo ayudarme a dar lo mejor de mí, a mis demás familiares que siempre estuvieron a mi lado, esto va dedicado para ustedes.

Padre mío hoy más que a nadie dedico este logro en mi vida a ti quién siempre confió y anhelo tener en el regazo de su familia un **INGENIERO INDUSTRIAL**, hoy lo estamos logrando juntos por que fuiste tu quien inició con este sueño y hoy soy yo quién lo cumple para compartir esta satisfacción. Hoy solo le pido a Dios que te brinde un permiso para venir a mi lado y darme el abrazo que en vida me hubieras dado diciéndome estoy orgulloso de ti. Todo este logro va dedicado para ti **TE AMO PAPITO**.

**Tlgo. Gino Gabriel Carrión Armijos**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la entera voluntad, paciencia y sabiduría para avanzar con éxito y salir victorioso de todos los obstáculos que se me presentaron a lo largo de esta carrera, logrando así que mi entereza y fe resulte más bendecida. Gracias Señor.

A mi padre Sr José Carrión Palacios quien hoy por designios del Señor ya no se encuentra conmigo, pero siempre supo ser el mejor padre, desprenderse de todo por dar a su familia lo mejor, fuiste el mejor ejemplo de lucha, amor y dedicación por nosotros, por esta razón solo puedo decirte gracias papito te amo y siempre estarás en mi mente y corazón.

A mi madre Sra. Mercy Anabel Armijos Agurto quien siempre me espero con los brazos abiertos a mi retorno a casa, luego de buscar fuera de ella un mejor porvenir y la esperanza de cumplir mis metas.

A mi tío Lcdo. Luis Armijos y hermanos Alex y Omar Carrión Armijos quienes siempre confiaron que podía lograr cumplir cada uno de mis propósitos.

A mi novia Dra. Leyla Arias quien durante muchos años ha sabido comprenderme, darme apoyo, ánimo y confianza en mí mismo para siempre ponerme en pie cuando el terreno se torna difícil.

A mi muy querida microempresa “TURMETAL” la cual hoy en memoria a mi Difunto padre lleva el nombre de “JC TURMETAL” la cual fue mi principal fuente de ingresos para poder adquirir tanto mi sustento como experiencia y sabiduría en el campo industrial.

A cada uno de los docentes que siempre fueron un faro el cual nos mostró el camino y aunque en muchas ocasiones se presentaron inconvenientes, siempre supieron ser las personas que nos orientaron a dar y ser la mejor versión de nosotros

Al personal que colabora en la Universidad tanto en el área de limpieza como de seguridad; gracias a ellos siempre logramos estudiar en un ambiente limpio, seguro y confortable, pues han sabido ser amigos y considero del mismo modo a todos ellos

A mi tutor Ing. Marcelo Berrones Rivera M. I. A. por brindarnos todo su apoyo en los momentos más duros que la vida me puso en el camino, así también sus conocimientos, cooperación, confianza y hacerme sentir que donde quiera que este tengo un excelente y muy grande amigo el cual siempre podré contar con su apoyo.

A todo el cuerpo médico que colaboró con su conocimiento para la elaboración de este proyecto.

A mi querida Universidad por darme las herramientas necesarias para llegar a convertirme en un profesional responsable y de éxito, siempre estaré orgulloso de haber sido un alumno de este prestigioso centro educativo.

Finalmente, a mis compañeros de la Universidad que estuvieron siempre brindándome su cooperación y sus conocimientos para el logro de mis objetivos académicos.

**Tlgo. Gino Gabriel Carrión Armijos**

## RESUMEN

Esta investigación tiene como fin el diseño, fabricación y programación de un prototipo de respirador de emergencia automatizado a partir de una bolsa de resucitación manual para pacientes que presenten dificultad respiratoria, la propuesta consiste en la implementación de este instrumento en centros de salud rurales, debido a la falta de disponibilidad de respiradores de emergencia de bajo costo en estos establecimientos pacientes se han visto afectados.

Al usar el profesional de la salud esta herramienta permitirá que el paciente tenga el aire suficiente tanto en presión, volumen y concentración de oxígeno, para poder mantener sus funciones vitales y cerebrales mientras pasa el periodo grave de su enfermedad pulmonar.

Los resultados del presente proyecto fueron positivos, al probar el artefacto en un maniquí simulador, en efecto, se logró demostrar que regula la frecuencia respiratoria en un adulto de 12 a 18 por minuto, por lo cual el dispositivo está listo para su utilización en una emergencia.

**Palabras claves:** Respirador, prototipo, respirador, bolsa bambú, dificultad respiratoria, emergencia, frecuencia respiratoria.



## **ABSTRACT**

The purpose of this research is the design, manufacture and programming of a prototype of an automated emergency respirator from a manual resuscitation bag for patients with respiratory distress, the proposal consists of the implementation of this instrument in rural health centers, due to the unavailability of low-cost emergency ventilators in these facilities, patients have been affected.

When used by the health professional, this tool will allow the patient to have enough air both in pressure, volume and oxygen concentration, to be able to maintain their vital and brain functions while the serious period of their lung disease passes.

The results of this project were positive, when testing the device on a simulator mannequin, in effect, it was possible to demonstrate that it regulates the respiratory rate in an adult from 12 to 18 per minute, for which the device is ready for use in a emergency.

**Key words:** Respirator, prototype, respirator, ambu bag, respiratory distress, emergency, respiratory rate.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

**Prototipo:** Primer ejemplar que se fabrica de una figura, un invento u otra cosa, y que sirve de modelo para fabricar otras iguales, o molde original con el que se fabrica.

**Emergencia:** Situación crítica de peligro evidente para la vida del paciente y que requiere una actuación inmediata. Normalmente estamos frente a una emergencia cuando la persona afectada está inconsciente.

**Respirador:** Dispositivo médico que se utiliza para proporcionar al enfermo una ventilación pulmonar eficaz, conectado externamente o bien en el interior de la tráquea.

**Bolsa ambu:** es un dispositivo manual para proporcionar ventilación con presión positiva para aquellos pacientes que no respiran o que no lo hacen adecuadamente.

**Dificultad respiratoria:** La disnea es la dificultad respiratoria o falta de aire. Es una sensación subjetiva y por lo tanto de difícil definición. La dificultad respiratoria es una afección que involucra una sensación de dificultad o incomodidad al respirar o la sensación de no estar recibiendo suficiente aire.

**Vía aérea:** Es la parte por la que discurre el aire en dirección a los pulmones, donde se realizará el intercambio gaseoso.

**Diseño:** Actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos que sean útiles y estéticos.

**Programación:** La programación es el proceso utilizado para idear y ordenar las acciones necesarias para realizar un proyecto, preparar ciertas máquinas o aparatos para que empiecen a funcionar en el momento y en la forma deseada o elaborar programas para su empleo en computadoras.

**Respiración:** Función biológica de los seres vivos por la que absorben oxígeno, disuelto en aire o agua, y expulsan dióxido de carbono para mantener sus funciones vitales.

**Frecuencia respiratoria:** La frecuencia respiratoria es la cantidad de respiraciones que una persona hace por minuto.

**Mortalidad:** Cantidad de personas que mueren en un lugar y en un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.

**Morbilidad:** Cantidad de personas que enferman en un lugar y un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.

**Ejecutar:** Llevar a cabo una acción, especialmente un proyecto, un encargo o una orden.

**Minimizar:** Reducir considerablemente, o al mínimo, una cosa material o inmaterial, especialmente el valor o importancia de algo o alguien.

**Paramédicos:** Persona que tiene por oficio atender las urgencias médicas antes de la llegada del paciente al hospital

**Respiración asistida:** Ventilación asistida/controlada por volumen y regulada por presión: en el ventilador se programan el volumen corriente, la frecuencia respiratoria y el tiempo inspiratorio.

**Saturación de oxígeno:** medida de la cantidad de oxígeno disponible en la sangre.

**Paciente:** sujeto que recibe los servicios de un médico u otro profesional de la salud y se somete a un examen, tratamiento o intervención.

**Flexible:** Que puede ser doblado fácilmente sin que se rompa

**Salud:** es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.

**Centro de salud:** establecimiento o institución en el cual se imparten los servicios y la atención de salud más básica y principal.

**Contaminación:** presencia o acumulación de sustancias en el medio ambiente que afectan negativamente el entorno y las condiciones de vida, así como la salud o la higiene de los seres vivos.

**Unidireccional:** Que tiene una sola dirección.

**Accidente:** Suceso imprevisto que altera la marcha normal o prevista de las cosas, especialmente el que causa daños a una persona o cosa.

**Monitoreo:** Controlar el desarrollo de una acción o un suceso a través de uno o varios monitores.

## **ABREVIATURAS**

**INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud

**MSP:** Ministerio de Salud Pública

**RMA:** resucitador-manual o bolsa-autoinflable (del inglés Airway Mask Bag Unit)

**RCP:** Reanimación cardiopulmonar

**EPOC:** Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

## ÍNDICE

<b>2.1 Anatomía del sistema respiratorio</b>	24
<b>2.1.1 Tracto respiratorio superior</b>	24
<b>2.1.2 Tracto respiratorio inferior</b>	25
<b>2.2 Proceso de respiración</b>	26
<b>2.3 Patrones respiratorios</b>	26
<b>2.4 volúmenes pulmonares</b>	27
<b>2.6 Resucitadores manuales autoinflables</b>	29
<b>2.7</b>	<b>322.7.1 Ventilación mecánica invasiva</b>
	30
<b>2.8 Instrumento para la ventilación manual</b>	30
<b>2.8.1 Bolsa manual autoinflable</b>	30
<b>2.8.2. Partes principales de la bolsa manual autoinflable</b>	31
<b>2.8.3. Partes opcionales</b>	31
<b>2.9 Reanimación cardiopulmonar</b>	32
<b>2.10 Técnicas de ventilación</b>	32
<b>2.10.1 Técnica de ventilación manual en adultos</b>	32
<b>2.10.2 Ventilación con bolsa autoinflable con reservorio de oxígeno.</b>	33
Capítulo III	34
6.2.2 Avance de la cremallera	46
8.1 Metodología	48
●	38Capítulo IV
	51
1.1 RESULTADOS	51
1.1.3 Análisis general de resultados	52
1.1.4 Costo de prototipo	52
CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXO 1	60

## INTRODUCCIÓN

El pulmón es considerado como el órgano más vulnerable a la infección y a las lesiones del ambiente externo, por eso, es de vital importancia recalcar que una de las causas principales de problemas de respiración a partir del año 2019 ha sido el SARS-CoV2 (Covid-19) el cual es un virus derivado de la familia Coronaviridae, ya que los síntomas respiratorios pueden ser leves, sin embargo, estos con el paso del tiempo pueden convertirse en una enfermedad potencialmente peligrosa, según el paciente que las padezca. (López, Cárdenas, Giraldo y Herrera, 2020)

Otra de las razones por las cuales los pulmones pueden verse realmente afectados es debido a la exposición constante a partículas, productos químicos y organismos infecciosos que se encuentran suspendidos en el aire. Otro motivo que influye es la excesiva contaminación atmosférica son consecuencias de políticas que no son sostenibles en sectores como el transporte, la energía, la gestión de desechos y la industria pesada.

Según el estudio de los autores (López, et al, 2020) afirman que el Covid-19 hasta los primeros meses del año 2020 ha afectado alrededor de 200 países, con un total de 10 millones de casos, de los cuales se destacan 5.664.335 pacientes recuperados y 508.077 muertes, siendo Estados Unidos el país más afectado hasta la fecha mencionada.

Por otra parte, el INEC entre el año 2018 y 2019, asegura que las enfermedades respiratorias como son, influenza, neumonía y las patologías crónicas de las vías aéreas inferiores, están entre las principales causas de muerte en el Ecuador.

Según un estudio del INEC en el año 2020 dio como resultado el trabajo técnico que, del total de muertes en exceso, 23.793 son casos confirmados o sospechosos de la COVID-19 y las 17.284 defunciones restantes están asociadas principalmente con enfermedades respiratorias como influenza y neumonía, enfermedades isquémicas del corazón y diabetes. (INEC, 2020).

En contraste con lo anterior, el personal de salud utiliza técnicas y equipos para ayudar al paciente con dificultad respiratoria, tal es el caso de los resucitadores manuales autoinflables (RMA), son dispositivos que consisten en un conjunto de válvulas que trabajan de forma secuencial, permitiendo la salida y entrada de aire en el sistema respiratorio del paciente, con la finalidad de aportar ventilaciones con presión positiva en pacientes con necesidad de soporte ventilatorio como, por ejemplo; durante la resucitación cardiopulmonar y el transporte extra e intrahospitalario.

El presente estudio pretende la automatización de un respirador manual a partir de una bolsa de resucitación manual tamaño adulto, el cual será socializado al personal de salud que labora en el centro de salud "PROGRESO" utilizando un maniquí de simulación de Reanimación Cardiopulmonar (torso superior) con la finalidad de minimizar la mortalidad por enfermedades respiratorias debido al cansancio que emana el uso prolongado de esta herramienta manual dando como resultado ventilaciones ineficientes y muerte del paciente, se presentan en el capítulo I del presente documento.

En el Capítulo II se menciona información confiable realizada por otros investigadores, en el mismo tema o similares; en las cuales se puede conocer los instrumentos que aplicaron y los resultados que obtuvieron. Luego se desarrolla un marco conceptual que abarca la anatomía y fisiología del sistema respiratorio, definición, clasificación y tipos de respiraciones, volúmenes y capacidad pulmonar, definición, partes, clasificación y usos de la bolsa manual autoinflable (RAM), tipos de ventilación y Reanimación Cardio Pulmonar.

El capítulo III presenta la metodología utilizada, en la cual se utiliza el procedimiento cuasi experimental y empírico; las fases de este proceso constan de diseño, fabricación, programación e implementación. Toda la información recopilada en el proceso investigativo nos brindara las herramientas para poder diseñar nuestro prototipo de resucitador manual autoinflable (RMA) automatizado cumpliendo con los estándares de funcionamiento que debe sobrellevar una herramienta de este tipo y para el trabajo que va a desempeñar, para la programación que se desarrollara dentro del sistema deberá contar con las características suficientes para poder estabilizar a un paciente es decir cómo cada persona mantiene un ritmo respiratorio distinto el cual mediante entrevistas con especialistas médicos intensivistas neumólogos supieron destacar que en los casos podría ser de más menos dos inhalaciones de diferencia entre pacientes de un mismo rango de edad.

El Capítulo IV al finalizar el prototipo de respirador manual automatizado se convocó al cuerpo de médicos que aportaron con su conocimiento para el desarrollo del dispositivo; se les presentó las modalidades de funcionamiento, los métodos de modificar los cambios dependiendo de la necesidad de aporte respiratorio del paciente para su estabilización y el cambio de elementos de mayor desgaste para que el dispositivo mantenga su óptimo desempeño. Una vez aprobada la automatización del respirador manual por el cuerpo de médicos, se procedió a brindar capacitación sobre el uso del prototipo al personal del centro de salud “Progreso” y Cuerpo de Bomberos del Cantón “Pasaje”. Las conclusiones evidencian la terminación del estudio.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

## **1.1 Antecedentes**

Según datos estadísticos, las tres principales provincias del Ecuador presentan el mayor número de defunciones por enfermedades respiratorias, sumando entre ellas 1563 decesos en el 2019. Lo que representa el 38% de las defunciones por problemas respiratorios en el Ecuador, siendo Guayas la provincia más afectada con 830 fallecidos, esto representa el 20% de las muertes totales del Ecuador, seguida de Pichincha con 466 fallecidos y Azuay 267. (MSP, 2019).

El resucitador manual autoinflable es una herramienta que no permite su uso de manera prolongada y con un flujo continuo óptimo de calidad de aire, debido a la fatiga que produciría el uso constante de esta herramienta en los músculos del ser humano, por lo que limita el desempeño del personal de salud al momento de intentar realizar otras maniobras para mantener al paciente estable, pudiendo representar un riesgo al momento de asistir de emergencia a una persona que necesite ayuda por un tiempo prolongado o en un cuadro clínico más complicado hasta su llegada a las salas de cuidados intensivos.

Para realizar la técnica de ventilación con el resucitador manual autoinflables (RMA), se necesitan ambas manos (una para sostener la mascarilla y otra para presionar el balón autoinflable), es por esto la necesidad de fabricar un sistema automatizado que nos garantice una autonomía propia y sin la necesidad de la intervención humana a un 100% como se lo hace hasta ahora, sino que la intervención humana se limite al correcto funcionamiento de esta herramienta y al monitoreo del paciente.

## **1.2. Descripción de la empresa**

El centro de salud “Progreso” tipo A, es una entidad pública dedicada a prestar servicios de atención primaria en salud con horarios de lunes a domingo desde las 08H00 a 16H30, cuenta con diferentes áreas y/o departamentos (Fig. No. 1) que detallan a continuación:

- Consultorio de Medicina General
- Consultorio de psicología
- Consultorio de odontología
- Estación de enfermería
- Sala de curaciones
- Vacunatorio
- Estadística
- Sala de espera (Arias, 2020)

El centro de salud “Progreso” brinda atención; médica, psicológica, odontológica, procedimientos de enfermería e inmunización, y atención extramural. A continuación, detallo en la tabla No. 1:

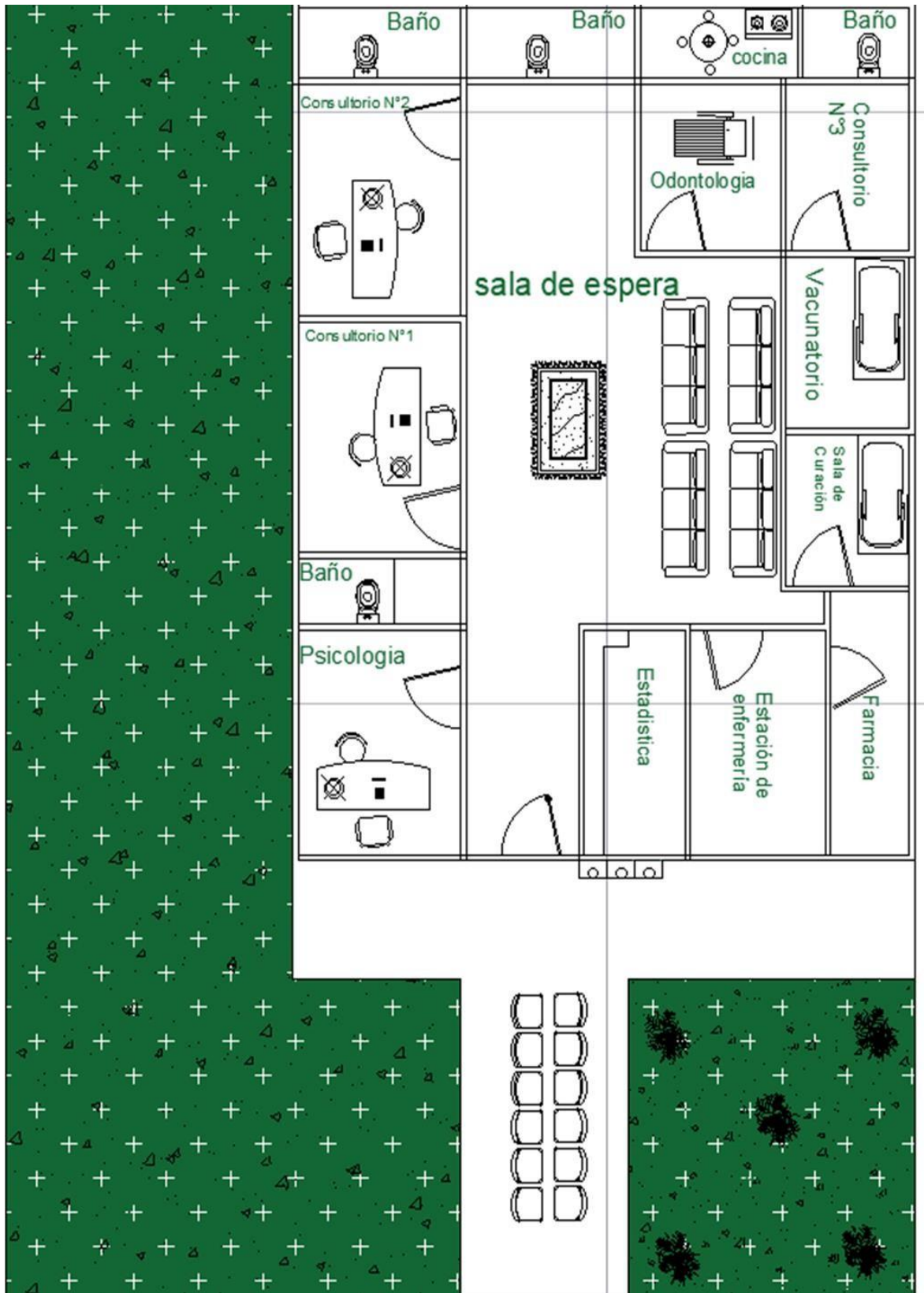


**TABLA No. 1 CARTERA DE SERVICIO CENTRO DE SALUD “PROGRESO”**

DEPARTAMENTOS	SERVICIOS
<b>Medicina Familiar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Atención médica a grupos vulnerables (discapacitados, menores de 2 años con desnutrición aguda, embarazadas de alto riesgo, enfermedades crónicas y catastróficas descompensadas)</li> <li>● Cuidados paliativos</li> <li>● Interconsultas de medicina general.</li> <li>● Visitas domiciliarias a grupos vulnerables</li> </ul>
<b>Medicina General</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Atención médica preventiva y morbilidad</li> <li>● Atención de R.N. según normas AIEPI.</li> <li>● Atención Integral del Niño Sano (evaluar Nutrición, desarrollo neuromuscular y psicomotriz, lactancia materna, crecimiento y desarrollo de acuerdo con normas del MSP, suplementos de micronutrientes)</li> <li>● Control Pediátrico</li> <li>● Control a pacientes geriátricos</li> <li>● Control de enfermedades crónicas y degenerativas no transmisibles.</li> <li>● Diagnóstico y tratamiento de enfermedades de notificación obligatoria</li> <li>● Diagnóstico y tratamiento de emergencias medicas</li> <li>● Diagnóstico, tratamiento y seguimiento de pacientes con COVID-19 positivos y sus contactos</li> <li>● Diagnóstico y tratamiento a pacientes con Tb</li> <li>● Consulta Obstétrica</li> <li>● Control del Embarazo; pre y Pos natal.</li> <li>● Papanicolaou y examen de pesquisa de cáncer de cuello uterino</li> <li>● Asesoramiento y planificación familiar.</li> <li>● Colocación y retiro del DIU</li> <li>● Colocación y retiro de Implante subdérmico</li> <li>● Detección de la agudeza visual y ceguera en niños</li> <li>● Detección, prevención y consejería de ITS y VIH/SIDA</li> <li>● Suturas y curación de heridas graves.</li> <li>● Colocación de férulas.</li> <li>● Colocación y retiro de sondas urinarias y nasogástricas.</li> <li>● Charlas preventivas de salud en consulta, sala de espera, comunidad y domiciliarias.</li> <li>● Visitas domiciliarias a pacientes prioritarios</li> <li>● Actualización de la sala situacional trimestral y mapa parlante</li> <li>● Realizar fichas familiares y categorización de pacientes.</li> <li>● Referencias</li> </ul>
<b>Psicología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Consulta psicológica clínica de adultos.</li> <li>● Consulta psicológica clínica de niños y adolescentes.</li> <li>● Prevención, detección y manejo de maltrato: físico, psicológico, sexual, violencia infantil.</li> <li>● Tratamiento de trastornos psicosociales: depresión, consumo de sustancias psicoactivas, trastornos de la conducta alimentaria (anorexia y bulimia nerviosa) intento de suicidio, violencia.</li> <li>● Detección y tratamiento de trastornos emocionales, afectivos. Deterioro mental y cognitivo</li> <li>● Informes psicológicos: niños, adolescentes y adultos.</li> <li>● Psicología de la educación.</li> <li>● Evaluaciones psicológicas en adultos.</li> <li>● Evaluaciones psicológicas en niños y adolescentes.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Charlas sobre salud mental en las consultas, sala de espera, comunidad y domiciliarias.</li> </ul>
<b>Odontología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Curación</li> <li>● Profilaxis</li> <li>● Salud bucal en escolares y examen odontológico</li> <li>● Obturación (calce definitivo)</li> <li>● Restauración (calce profesional)</li> <li>● Exodoncias (extracción)</li> <li>● Charlas sobre salud oral en las consultas, sala de espera, comunidad y domiciliarias</li> <li>● Referencias</li> </ul>
<b>Enfermería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Preparación del paciente para control</li> <li>● Inmunización: niños, adolescentes, embarazadas y adultos.</li> <li>● Tamizaje neonatal</li> <li>● Curación de heridas.</li> <li>● Extracción de puntos de sutura.</li> <li>● Administración de inyecciones (por vía intramuscular, intravenosa y subcutánea) y canalización de vía periférica.</li> <li>● Toma de glucosa en ayunas con glucómetro</li> <li>● Toma de prueba de VIH de cuarta generación previo consentimiento informado</li> <li>● Toma de prueba de VDRL</li> <li>● Charlas preventivas de salud en sala de espera, comunidad y domiciliarias.</li> <li>● Visitas domiciliarias a pacientes prioritarios</li> </ul>
<b>Técnicos en Atención primaria en Salud (TAPS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Seguimiento a pacientes prioritarios y vulnerables</li> <li>● Curaciones domiciliarias</li> <li>● Visitas domiciliarias</li> <li>● Búsqueda activa de riesgos en familias, clasificados de acuerdo a la ficha familiar</li> <li>● Administración de medicación en domicilio.</li> <li>● Actualización de mapas parlantes</li> </ul>

Fuente: Manual del modelo de atención integral de salud (MAIS 2012) – MSP



**Figura No. 1:** Infraestructura del centro de salud “Progreso”

Autor: Cortesía del autor

### 1.2.1 Misión

Ejercer la rectoría, regulación, planificación, coordinación, control y gestión de la Salud Pública ecuatoriana a través de la gobernanza y vigilancia y control sanitario y garantizar el derecho a la Salud a través de la provisión de servicios de atención individual, prevención de enfermedades, promoción de la salud e igualdad, la gobernanza de salud, investigación y desarrollo de la ciencia y tecnología; articulación de los actores del sistema, con el fin de garantizar el derecho a la Salud (MSP, 2020)

### 1.2.2 Visión

El Ministerio de Salud Pública, ejercerá plenamente la gobernanza del Sistema Nacional de Salud, con un modelo referencial en Latinoamérica que priorice la promoción de la salud y la prevención de enfermedades, con altos niveles de atención de calidad, con calidez, garantizando la salud integral de la población y el acceso universal a una red de servicios, con la participación coordinada de organizaciones públicas, privadas y de la comunidad. (MSP, 2020)

### 1.2.2 Valores

Los valores en los que se rige el Ministerio de Salud Pública (2020) para brindar servicios de atención en salud son los siguientes:

- **Respeto.** - Entendemos que todas las personas son iguales y merecen el mejor servicio, por lo que nos comprometemos a respetar su dignidad y a atender sus necesidades teniendo en cuenta, en todo momento, sus derechos.
- **Inclusión.** - Reconocemos que los grupos sociales son distintos y valoramos sus diferencias.
- **Vocación de servicio.** - Nuestra labor diaria lo hacemos con pasión.
- **Compromiso.** - Nos comprometemos a que nuestras capacidades cumplan con todo aquello que se nos ha confiado.
- **Integridad.** - Tenemos la capacidad para decidir responsablemente sobre nuestro comportamiento».
- **Justicia.** - Creemos que todas las personas tienen las mismas oportunidades y trabajamos para ello.
- **Lealtad.** - Confianza y defensa de los valores, principios y objetivos de la entidad, garantizando los derechos individuales y colectivos.

### **1.3 Importancia y alcances**

Para sobrevivir, el ser humano necesita un aporte de oxígeno continuo sin importar el rango de edad que este tenga pudiendo ser un paciente neonato, pediátrico o adulto por lo tanto es una necesidad vital, que si no se desarrolla correctamente el paciente podría situarse ante una emergencia; teniendo en cuenta que la contaminación atmosférica a nivel mundial ha aumentado y por ende las enfermedades respiratorias, las cuales en conjunto representan cifras elevadas de decesos.

La técnica de ventilación no invasiva que se aplica en los pacientes con dificultad respiratoria debe ser eficaz, la cual mediante un respirador manual y por cortos periodos de tiempo logra su objetivo, pero cuando este trabajo se prolonga debido a factores externos (traslado del paciente hasta un hospital) su calidad disminuye proporcionalmente al tiempo transcurrido debido al esfuerzo que conlleva efectuarlo, poniendo en riesgo la estabilidad del paciente.

Entre los problemas más frecuentes de los hospitales se sitúa la falta de personal para atender a pacientes por prolongados lapsos de tiempo donde un solo paciente que no cuenta con el reflejo respiratorio podría mantener ocupado a más de una persona por prolongados lapsos de tiempo hasta que pueda acceder a un equipo de ventilación asistida.

Por este motivo se ha llegado a considerar la fabricación de un resucitador artesanal automatizado a partir de una bolsa autoinflable, de bajo costo y accesible para todos los niveles de atención sanitaria, el cual cumplirá con los rangos de ventilación acorde a la etapa que corresponda el paciente (neonato, pediátrico o adulto) para lograr alivianar la carga de trabajo que debe realizar el personal de salud y reducir la mortalidad por enfermedades respiratorias.

### **1.5 Delimitación**

#### **1.5.1 Delimitación geográfica o espacial**

El presente proyecto técnico fue desarrollado en el Centro de Salud “El Progreso” perteneciente al Ministerio de Salud Pública (MSP) distrito 07D04, el cual se encuentra situado en la parroquia Progreso del cantón Pasaje - El Oro - Ecuador, en las calles Pasaje entre Francisco Ortiz y Lizardo Pineda. En la figura No. 2 se aprecia el croquis de la ubicación del centro de salud.

#### **1.5.2 Delimitación temporal**

El desarrollo del estudio conlleva un tiempo estimado de 6 meses desde la selección del tema hasta la presentación del documento final. El periodo de desarrollo comprende los meses de junio a octubre de 2020.

### **1.5.3 Delimitación sectorial e institucional**

El estudio se desarrolló en las instalaciones del Centro de Salud “Progreso” correspondiente al primer nivel de atención en salud perteneciente al Ministerio de Salud Pública distrito de salud 07D01 CHILLA - EL GUABO – PASAJE.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Diseñar un prototipo de respirador automatizado para pacientes con dificultades respiratorias.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema que realice las funciones del resucitador manual
- Diseñar elementos para prototipo de respirador manual en AutoCAD para impresión en 3D.
- Diseñar algoritmo para codificación de placa madre.
- Plantear los costos que conllevaría la fabricación, programación y pruebas del prototipo de respirador manual autoinflable automatizado.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **2.1 Anatomía del sistema respiratorio**

El sistema respiratorio está formado por todos los órganos implicados en la respiración. Este sistema realiza dos funciones vitales en la vida de una persona: brindar oxígeno a las células vivan y funcionen correctamente; y ayuda a deshacer el dióxido de carbono, que es un producto de desecho de la función celular. Todos los componentes funcionan como conductos a través de los cuales el aire se canaliza hacia los pulmones. Allí, en sacos de aire muy pequeños llamados alvéolos, el oxígeno ingresa al torrente sanguíneo y el dióxido de carbono se expulsa de la sangre al aire (Jameson, 2018). El sistema o tracto respiratorio se divide en tracto respiratorio superior e inferior. El tracto superior incluye la nariz, las cavidades nasales, los senos paranasales, la faringe y la parte de la laringe por encima de las cuerdas vocales. El tracto inferior incluye la parte inferior de la laringe, la tráquea, los bronquios, los bronquiolos y los alvéolos (Palange, 2019).

##### **2.1.1 Tracto respiratorio superior**

- **Nariz**

Es una protuberancia ubicada en la parte central del rostro de una persona la cual, alberga las fosas nasales, o narinas, que reciben y expulsan aire para respirar junto a la boca. Detrás de la nariz se encuentran la mucosa olfativa y los senos nasales. Detrás de la cavidad nasal, el aire pasa a través de la faringe, se comparte con el sistema digestivo y luego al resto del sistema respiratorio (Inthavong, 2016).

- **Cavidad Nasal**

La cavidad nasal es la parte más alta del sistema respiratorio y proporciona el pasaje nasal para el aire inhalado desde las fosas nasales hasta la nasofaringe y el resto del tracto respiratorio.

- **Los senos paranasales**

Son un grupo de cuatro espacios emparejados llenos de aire que rodean la cavidad nasal. Donde en diferentes patologías estos senos están llenos de pus y puede provocar problemas para una persona.

- **Faringe**

Es la parte de la garganta que se encuentra detrás de la boca y la cavidad nasal, y por encima del esófago y la tráquea, los conductos que van hacia el estómago y los pulmones. La faringe transporta alimentos y aire al esófago y la laringe (Inthavong, 2016).

### **2.1.2 Tracto respiratorio inferior**

- **Laringe**

Es un órgano en la parte superior del cuello involucrado en la respiración, que produce sonido y protege la tráquea contra la aspiración de alimentos. La laringe alberga las cuerdas vocales y manipula el tono y el volumen, que es esencial para la fonación. Está situado justo debajo de donde el tracto de la faringe se divide en la tráquea y el esófago (Peate, 2018).



- **Tráquea**

Es un tubo cartilaginoso que conecta la laringe con los bronquios de los pulmones, permitiendo el paso del aire. La tráquea se extiende desde la laringe y se ramifica hacia los dos bronquios primarios. En la parte superior de la tráquea, el cartílago cricoides lo une a la laringe.

- **Bronquios y bronquiolos**

Los bronquios son los conductos o vías del sistema respiratorio que llevan aire a los pulmones. Los primeros bronquios que divergen de la tráquea son los bronquios principales derecho e izquierdo, también conocido como bronquio principal (Santhi B 1, 2017). Son los más grandes y entran a los pulmones en cada filo, donde se ramifican en el bronquio lobar secundario o más estrecho, que se ramifica en el bronquio terciario o segmentario más estrecho. Otros segmentos de los bronquios segmentarios se conocen como bronquios segmentarios de cuarto, quinto y sexto orden, o se agrupan como bronquios subsegmentarios. Si los bronquiolos son demasiado estrechos para ser sostenidos por cartílago, los bronquiolos se conocen como bronquiolos (Meyerholz, 2018).

- **Alveolos**

Es una cavidad hueca en forma de copa que se encuentra en el parénquima pulmonar donde tiene lugar el intercambio de gases. La membrana alveolar es la superficie de intercambio de gases, rodeada por una red de capilares. A través de la membrana, el oxígeno se difunde a los capilares y el dióxido de carbono se libera de los capilares a los alvéolos para ser exhalado (Knudsen, 2018).

## **2.2 Proceso de respiración**

En fisiología, la respiración es el movimiento de oxígeno desde el entorno exterior a las células dentro de los tejidos y el transporte de dióxido de carbono en la dirección opuesta.

La respiración fisiológica implica ciclos respiratorios de respiraciones inhaladas y exhaladas. La inhalación (inhalar) suele ser un movimiento activo (Mortola, 2018). La contracción del músculo diafragma provoca una variación de presión, que es igual a las presiones causadas por los componentes elásticos, resistivos e inerciales del sistema respiratorio. Por el contrario, la exhalación (espirar) suele ser un proceso pasivo. La inhalación lleva aire a los pulmones, donde tiene lugar el proceso de intercambio de gases entre el aire en los alvéolos y la sangre en los capilares pulmonares.

El proceso de respiración no llena los alvéolos con aire atmosférico durante cada inhalación (aproximadamente 350 ml por respiración), pero el aire inhalado se diluye cuidadosamente y se mezcla completamente con un gran volumen de gas (aproximadamente 2,5 litros en humanos adultos) conocido como capacidad residual funcional que permanece en los pulmones después de cada exhalación, y cuya composición gaseosa difiere marcadamente de la del aire ambiente (Herrero, 2019). La respiración fisiológica involucra los mecanismos que aseguran que la composición de la capacidad residual funcional se mantenga constante y se equilibre con los gases disueltos en la sangre capilar pulmonar y, por tanto, en todo el cuerpo. Así, en el uso preciso, las palabras respiración y ventilación son hipónimos, no sinónimos, de

respiración; pero esta prescripción no es seguida de manera consistente, incluso por la mayoría de los proveedores de atención médica, porque el término frecuencia respiratoria es un término bien establecido en la atención médica, aunque tendría que ser reemplazado constantemente por tasa de ventilación si el uso exacto fuera para ser seguido. La frecuencia respiratoria es la cantidad de respiraciones que realiza por minuto. Según la (OMS) En el adulto el valor normal es de 12 a 20 respiraciones por minuto. Cuando existe un aumento de la frecuencia sea por la realización de alguna actividad física o patológica se lo conoce como taquipnea que son respiraciones sobre 20 por minuto. Y bradipnea a menos de 12 respiraciones por minuto.

### **2.3 Patrones respiratorios**

Existen anomalías en respiración cuando la persona está atravesando algún tipo de patología relacionado con el sistema respiratorio principalmente, las cuales reciben el nombre de patrones respiratorios. Entre estos patrones se encuentran:

- **La respiración de Biot**

A veces también llamada respiración en racimo es un patrón anormal de respiración caracterizado por grupos de inspiraciones rápidas y superficiales seguidas de períodos regulares o irregulares de apnea.

Se distingue de la respiración atáxica por tener más regularidad e inspiraciones de tamaño similar, mientras que las respiraciones atáxicas se caracterizan por respiraciones y pausas completamente irregulares. A medida que el patrón de respiración se deteriora, se fusiona con respiraciones atáxicas. La respiración de Biot es causada por daño en el bulbo raquídeo debido a golpes o traumatismos o por

presión en la médula debido a una hernia uncal, generalmente indica un mal pronóstico.

- **La respiración de Kussmaul**

La respiración de Kussmaul es un patrón respiratorio profundo y laborioso que a menudo se asocia con acidosis metabólica grave, en particular cetoacidosis diabética (CAD), pero también insuficiencia renal. Es una forma de hiperventilación, que es cualquier patrón de respiración que reduce el dióxido de carbono en la sangre debido al aumento de la frecuencia o profundidad de la respiración. En la acidosis metabólica, la respiración es primero rápida y superficial, pero a medida que la acidosis empeora, la respiración se vuelve gradualmente profunda, laboriosa y jadeante (Molina-Ramirez, 2017).

- **La respiración de Cheyne-Stokes**

Es una condición que causa una respiración anormal durante el sueño. Esta respiración anormal a menudo incluye "apneas", o períodos en los que se deja de respirar, lo que explica por qué la afección se menciona con tanta frecuencia en los círculos médicos de apnea del sueño (Cortés-Román, 2018). Estas apneas ocurren porque la respiración de Cheyne-Stokes generalmente hace que la respiración de una persona siga patrones anormales o arritmias. Esto significa que la respiración aumenta y disminuye gradualmente durante el sueño (Pereyaa, 2021).

## **2.4 Volúmenes pulmonares**

Los volúmenes pulmonares también se conocen como volúmenes respiratorios. Se

refiere al volumen de gas en los pulmones en un momento dado durante el ciclo respiratorio. Las capacidades pulmonares se derivan de la suma de diferentes volúmenes pulmonares. La capacidad pulmonar total media de un hombre adulto es de unos 6 litros de aire. La medición de los volúmenes pulmonares es una parte integral de la prueba de función pulmonar (Lutfi, 2017). Estos volúmenes tienden a variar, dependiendo de la profundidad de la respiración, el origen étnico, el género, la edad, la composición corporal y en ciertas enfermedades respiratorias.

- **Volumen corriente (CV)**

Es la cantidad de aire que se puede inhalar o exhalar durante un ciclo respiratorio. Representa las funciones de los centros respiratorios, los músculos respiratorios y la mecánica del pulmón y la pared torácica. El valor adulto normal es el 10% de la capacidad vital (CV), aproximadamente 300-500 ml, pero puede aumentar hasta un 50% de VC en el ejercicio

- **Volumen de reserva inspiratorio (IRV)**

Es la cantidad de aire que se puede inhalar a la fuerza después de un volumen corriente normal. El IRV generalmente se mantiene en reserva, pero se usa durante la respiración profunda. El valor normal para adultos es de 1900-3300 ml (Cotes, 2020).

- **Volumen de reserva espiratorio (ERV)**

Es el volumen de aire que se puede exhalar con fuerza después de exhalar el volumen

corriente normal. El valor normal para adultos es de 700-1200 ml. El ERV se reduce con obesidad, ascitis o después de una cirugía abdominal superior.

- **Volumen residual (RV)**

Es el volumen de aire que queda en los pulmones después de la exhalación máxima. El valor normal para adultos se promedia en 1200 ml. Se mide indirectamente a partir de la suma de FRC y ERV y no puede medirse mediante espirometría (Conor T McCartney MD, 2016).

## **2.5 Capacidades pulmonares**

- **Capacidad inspiratoria (IC)**

Es el volumen máximo de aire que se puede inhalar después de un estado de reposo. Se calcula a partir de la suma del volumen de reserva inspiratoria y el volumen corriente (Lutfi, 2017).

- **Capacidad pulmonar total (TLC)**

Es el volumen máximo de aire que pueden acomodar los pulmones o la suma de todos los compartimentos de volumen o volumen de aire en los pulmones después de la inspiración máxima. El valor normal es de aproximadamente 6.000 ml (4- 6 L). La TLC se calcula sumando los cuatro volúmenes pulmonares primarios.

La TLC puede aumentar en pacientes con defectos obstructivos como enfisema y disminuir en pacientes con anomalías restrictivas, incluidas anomalías de la pared torácica y cifoescoliosis.

- **Capacidad vital (CV)**

Es la cantidad total de aire exhalado después de una inhalación máxima. El valor es de unos 4800 ml y varía según la edad y el tamaño corporal. Se calcula sumando el volumen corriente, el volumen de reserva inspiratorio y el volumen de reserva espiratorio (Selene Guerrero-Zúñiga, 2016).

La CV indica la capacidad de respirar profundamente y toser, lo que refleja la fuerza de los músculos inspiratorios y espiratorios. La CV debe ser 3 veces mayor que la TV para una tos eficaz. En ocasiones, la CV se reduce en los trastornos obstructivos y siempre en los restrictivos.

- **Función Capacidad residual (FRC)**

Es la cantidad de aire que queda en los pulmones al final de una exhalación normal. Se calcula sumando los volúmenes de reserva residual y espiratoria. El valor normal es de aproximadamente 1800 a 2200 ml.

FRC no depende del esfuerzo y resalta la posición de reposo cuando los retrocesos elásticos internos y externos están equilibrados. La FRC se reduce en los trastornos restrictivos. La proporción de FRC a TLC es un índice de hiperinflación. En la EPOC, la FRC es hasta el 80% de la TLC.

## **2.6 Resucitadores manuales autoinflables**

El resucitador manual autoinflable (RMA) es una herramienta que se utiliza para proporcionar ventilación con presión positiva a los pacientes que requieren asistencia respiratoria mecánica. Entre los principales casos clínicos en los que se utilizan RMA se pueden mencionar la reanimación cardiopulmonar y el transporte extrahospitalario

e intrahospitalario (Chambergo Ruiz, 2017). Los RMA no pueden verse simplemente como un dispositivo, sino como un mecanismo complejo que consiste en una serie de válvulas que funcionan en secuencia con el objetivo de permitir que el aire entre y salga del sistema respiratorio del paciente.

Los RMA están compuestos de tres partes principales: reservorio de O<sub>2</sub>, unidad comprensible, y el conector del paciente. El reservorio de O<sub>2</sub> está formado de una recámara así mismo inflable que recibe el flujo de O<sub>2</sub> y que está encajado en la parte posterior de la unidad comprensible. La unidad comprensible es la parte manipulable por el operador del RMA para ofertar la dotación de aire al paciente; mientras que el conector del paciente es la parte en que se acopla la máscara de resucitación o la parte se seguido del tubo endotraqueal. (Franco.A., 2011)

## **2.7 Tipos de ventilación**

### **2.7.1 Ventilación mecánica invasiva**

La ventilación mecánica invasiva se define como el suministro de presión positiva a los pulmones a través de un tubo endotraqueal o de traqueotomía.

Durante la ventilación mecánica, una mezcla predeterminada de aire (es decir, oxígeno y otros gases) se fuerza hacia las vías respiratorias centrales y luego fluye hacia los alvéolos. A medida que los pulmones se inflan, aumenta la presión intraalveolar. Una señal de terminación (generalmente flujo o presión) finalmente hace que el ventilador deje de forzar el ingreso de aire a las vías respiratorias centrales y la presión de las vías respiratorias centrales disminuye. La espiración sigue pasivamente, con aire fluyendo desde los alvéolos de mayor presión hacia las vías



respiratorias centrales de menor presión. (Chamabergo. P., 2017)

### **2.7.2 Ventilación mecánica no invasiva**

La ventilación no invasiva (VNI) se refiere a la administración de soporte ventilatorio sin utilizar una vía aérea artificial invasiva (tubo endotraqueal o tubo de traqueotomía). El uso de ventilación no invasiva ha aumentado notablemente en las últimas dos décadas, y la ventilación no invasiva se ha convertido en una herramienta integral en el manejo de la insuficiencia respiratoria aguda y crónica, tanto en el hogar como en la unidad de cuidados críticos. La ventilación no invasiva se ha utilizado como reemplazo de la ventilación invasiva y su flexibilidad también permite que sea un valioso complemento en el manejo del paciente. Su uso en la insuficiencia respiratoria aguda está bien aceptado y extendido (Parga, Zambrano, Valdebenito, & Prado, 2017)

## **2.8 Instrumento para la ventilación manual**

### **2.8.1 Bolsa manual autoinflable**

Es un dispositivo médico utilizado para la ventilación manual en pacientes con problemas respiratorios o en caso de parada cardiopulmonar. Está conectado directamente a las vías respiratorias humanas mediante una máscara o un tubo endotraqueal para proporcionar la cantidad necesaria de oxígeno. Hay cuatro partes de la bolsa autoinflable:

## **2.8.2. Partes principales de la bolsa manual autoinflable**

- **Entrada de oxígeno**

La entrada de oxígeno, que se encuentra junto a la entrada de aire, es un pequeño pezón o proyección al que se puede conectar el tubo de oxígeno. En la bolsa autoinflable, un tubo de oxígeno no es necesario para que la bolsa funcione. Debe aplicarse sólo si se va a resucitar con una mezcla de aire enriquecido con oxígeno en lugar de aire ambiente (Roehr, 2020).

- **Salida de aire del paciente**

Es por donde sale el aire de la bolsa al bebé a través de una máscara o un tubo endotraqueal.

- **Conjunto de válvulas**

Las bolsas autoinflables tienen un conjunto de válvula colocado entre la bolsa y la salida del paciente. Cuando se aprieta la bolsa durante la ventilación, la válvula se abre, liberando oxígeno / aire a los pulmones del paciente. Cuando la bolsa se vuelve a inflar (durante la fase de exhalación del ciclo), la válvula se cierra. Esto evita que el aire exhalado por el paciente entre en la bolsa y vuelva a respirar.

## **2.8.3. Partes opcionales**

- **Manómetro**

Es un equipo adicional que mide la presión generada por la bolsa en centímetros de agua. Este manómetro permite controlar la presión del aire u oxígeno que se entrega al paciente.

- **Válvula PEEP**

Se puede conectar una válvula PEEP (presión espiratoria final positiva) ajustable al conjunto de la válvula. Es útil si se está resucitando a bebés con un peso extremadamente bajo al nacer (<1 kg) o mientras se ventila manualmente a un bebé desconectado del ventilador.

- **Bolsa con oxígeno**

El Programa de Resucitación Neonatal (2018) recomienda que la reanimación con aire ambiente se pueda iniciar en bebés a término con una instalación de respaldo para oxígeno suplementario si el bebé no mejora a pesar de 90 segundos de ventilación efectiva con aire ambiente. Dado que el oxígeno se considera un fármaco, su uso en recién nacidos debe controlarse cuidadosamente. Cuando la bolsa autoinflable se usa sin un depósito, cada vez que la bolsa se vuelve a inflar, el aire ambiente entra en la bolsa a través de la entrada de aire junto con oxígeno al cien por cien a través de la entrada de O<sub>2</sub>. Como resultado, la concentración de oxígeno que realmente recibe el paciente es aproximadamente del 40 al 70 por ciento.

- **Reservorio de oxígeno**

Proporciona una cámara llena de una alta concentración de oxígeno. Durante el

reinflado, en lugar de aspirar el aire de la habitación, la bolsa extrae el aire altamente enriquecido con oxígeno del depósito. Esto permite la administración de hasta un 90-100% de oxígeno con una bolsa autoinflable.

## **2.9 Reanimación cardiopulmonar**

Reanimación cardiopulmonar: procedimiento de emergencia que salva la vida de la víctima y que implica la respiración de la víctima y la aplicación de compresión externa en el pecho para hacer que el corazón bombee. CPR abreviado. En las primeras etapas de un ataque cardíaco, a menudo se puede evitar la muerte si un transeúnte inicia la RCP dentro de los 5 minutos posteriores al inicio de la fibrilación ventricular (Lundberg, 2018). Cuando llegan los paramédicos, se pueden administrar medicamentos y / o descargas eléctricas (cardioversión) al corazón para convertir la fibrilación ventricular en un ritmo cardíaco normal. La RCP inmediata y la respuesta rápida de los paramédicos pueden mejorar las posibilidades de supervivencia de un ataque cardíaco (Panchal, 2019).

## **2.10 Técnicas de ventilación**

### **2.10.1 Técnica de ventilación manual en adultos**

Una vez permeabilizada la vía aérea (manual o con cánula), con una mano, sostenga la máscara facial (seleccionada según el tamaño de la cara) de forma tal que durante la compresión no haya escape de aire. Con el dedo 4to y 5to comprima la mandíbula a la máscara al momento que eleva esta última, con el dedo 2do y 3ro rodee la unión de la máscara a la bolsa y sosténgala, con el primer dedo, comprima la parte cefálica

de la máscara contra la parte superior de la nariz, con la otra mano, dé las insuflaciones, acorde a la frecuencia respiratoria definida (Cucunubo Muñoz, 2016). Los dedos índice y pulgar hacen forma de C sobre la parte superior de la máscara mientras el resto forma de E sobre la parte más ancha de forma tal que compriman el mentón sobre la misma y eviten el escape de aire.

### **2.10.2 Ventilación con bolsa autoinflable con reservorio de oxígeno.**

Compruebe que la ventilación va acompañada de elevación del tórax y asegúrese que el reservorio esté conectado a una fuente de oxígeno a 12 litros por minuto. Si la víctima tiene incursiones propias, enlace la compresión de la bolsa con su patrón respiratorio del paciente tomando en cuenta que la insuflación debe coincidir con el momento que la respiración tiene su inicio (Abdo-Cuza, 2020)

## Capítulo III

### 3.1 Metodología

El presente trabajo de investigación se desarrolló mediante un enfoque cualitativo descriptivo. Como fundamentación de estudio se toman las palabras de (Iño, 2018) quien afirma que el enfoque cualitativo descriptivo dentro de un proyecto es participativo, colaborativo y analista, que tiene como fin, buscar la solución a una problemática perteneciente al contexto social, cultural, económico, educativo y en este caso de salud.

Es necesario aclarar que, el método cualitativo ayuda a proporcionar datos no cuantificables, para indagar en temas sociales, culturales y en este caso turísticos, bajo la construcción de conocimientos y comprensión de la problemática.

Los métodos que se aplicarán son:

- En primera instancia, una revisión bibliográfica; con el fin de buscar información relevante relacionada al tema de investigación
- En segundo lugar, se realizará un foro a fin de que el objeto de estudio pueda ser percibido por un grupo de personas, que al final darán sus puntos de vista.
- Por último, se desarrollará una entrevista a los asistentes, los mismos que estarán conformados por médicos e internos residentes del subcentro de pasaje, así como también a enfermeras pertenecientes al mismo con el fin de conocer su opinión acerca de la efectividad del respirador automatizado.

#### 3.1.1 Técnicas y herramientas

- **Revisión Bibliográfica**

Autores como (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020) conciben a la revisión bibliográfica como una de las técnicas de investigación que proporciona al autor la oportunidad de revisar fuentes referentes al tema de interés, proporcionando actualidad y relevancia.

- **Foro**

Esta técnica es utilizada, para que la información que se emite mediante un tipo de exposición pueda ser asumida con claridad, obteniendo la participación de los sujetos

y que la información se torne a profundidad. Ciertamente esta técnica, también ayuda a la detección de emociones, constatando si la información impartida, tuvo un efecto positivo o negativo en los espectadores (Aballay, Aciar, & Reategui, 2017)

- **Entrevistas**

Es la parte de comprensión y comunicación en una investigación de carácter cualitativo, aquí se crean lazos comunicacionales entre el entrevistado y el entrevistador, a fin de conocer a mayor profundidad un tema en específico. Cuando la comunicación es directa y eficaz suele presentarse la oportunidad de repreguntar. En este caso, las entrevistas tienen por objetivo recopilar información mediante la comunicación directa, en algunos casos de forma indirecta, para esto, generalmente se recomiendan las entrevistas estructuradas (González & Serrano, 2018).

En este caso, se realizará una entrevista al personal de salud del subcentro donde después de una demostración del respirador automatizado se realizarán preguntas acerca de si logra cumplir con las expectativas necesarias para regular la respiración de los pacientes.

## **4.1 Diseño y control**

### **4.1.1 Planteamiento**

Se desea automatizar una bolsa de resucitación manual para usar en pacientes que ameriten ventilación asistida, el mismo que contará con beneficios para una fácil manera de uso y traslado, sustituyendo la ventilación manual y aliviando la carga laboral del cuerpo médico de emergencias. Reemplazando la ventilación manual RMA (AMBU), por una ventilación automatizada, en la que el personal médico no deba usar ambas manos para el aporte vital de oxígeno al paciente y pueda mantener una ventilación continua por largos lapsos de tiempo; permitiendo de este modo el traslado de pacientes por largas distancias en busca de una atención especializada, evitando la fatiga del médico, y mantener ventilando al paciente por varias horas en un hospital hasta la disponibilidad de un ventilador mecánico.

El sistema estará formado por un mecanismo tipo prensa con cremallera que ejecutará la función de presión bilateral en la bolsa de resucitación manual simulando la presión

ejercida por el trabajo de la mano humana, este sistema en conjunto se encargará de impulsar el aire hacia el paciente y hacia atrás para extraerlo del medio ambiente y volverse a cargar antes de ejecutar nuevamente su trabajo.

#### **4.1.2 Funcionamiento**

Por medio de un tablero de mandos iniciará el sistema, y hará que el motor empiece a girar moviendo las mordazas hasta su punto más extendido, para poder cargar con aire del ambiente o del reservorio de oxígeno al RMA que se encuentra sujeto al medio.

Al momento que se ejecuta esta función el conducto que va hacia el exterior estará abierto. Y el conducto que dirige la presión de aire al paciente estará cerrado trabajando en secuencias uno con el otro evitando el cruce de oxígeno y CO<sub>2</sub> y poder cargar por completo el reservorio antes de volver a ejecutar la nueva descarga de aire.

Continuamente, para dar aire al paciente, las mordazas se cerrarán, el conducto del exterior se cerrará y evitar el escape del aire, en una sincronización mutua el conducto hacia el paciente deberá abrirse para permitir el paso de aire.

### **5.1 Datos de la ventilación con ambú**

#### **5.1.1 Ventilación con bolsa y mascarilla**

El resucitador manual autoinflable (RMA) es una bolsa auto inflable que tiene incorporadas dos válvulas unidireccionales que restringen la inhalación del aire exhalado. Existen tres tamaños diferentes los cuales se los cataloga en base a su edad y peso: neonatales, con una capacidad de 250 ml, infantiles, para niños menores de 8 años, de 500 ml, y de adultos, entre 1600 y 2000 ml.



El resucitador cuenta con una bolsa reservorio en su parte posterior, si se conecta a una fuente de oxígeno con un flujo de 10-15 ml/min, suministra una concentración de oxígeno próxima al 92%. Si en el caso se encuentra predisposta una válvula de sobrepresión debe ser inactivada, para que durante la RCP las presiones precisas para proporcionar un volumen tidal suficiente son altas, especialmente al ventilar con mascarilla ya que esta sellara por completo la cavidad respiratoria. Según Romer, Sejas, Orozco, Vargas, Talavera y Armijo, 2020 en su estudio denominado “Traslado de paciente sospechoso o confirmado COVID-19 de Centros de Salud a Hospital de referencia” confirman que suministrar de 10 a 15 ml/min, es posible mantener una saturación de oxígeno entre 88 a 92%.

### **5.1.2 Especificaciones del ambú**

No podemos tomar en consideración al niño como un adulto pequeño, pese a que en términos generales se podría decir que a partir de los 7 años (30-40 kg), estos pacientes son relativamente parecidos al adulto promedio, sin otra consideración especial que la propia de contar con un menor tamaño.

De los 3 a los 7 años (15-40 kg) los pacientes se los generaliza plenamente niños, y aunque podemos aplicar en ellos sistemas propios de los adultos se lo debe aplicar con ciertas precauciones. Si su rango de edad es menor de 3 años (menos de 15 kg), su manejo será más dificultoso cuantos más pequeños sean. En este tipo de pacientes requerirán la aplicación de técnicas de ventilación específicas, y el empleo de instrumental adecuado, más aún en el caso de los lactantes y recién nacidos (< 1 año), que presentan marcadas diferencias anatómicas, fisiológicas y de mecánica ventilatoria con resistencias muy elevadas.

El volumen corriente y la frecuencia respiratoria rige a un cálculo considerando el peso del paciente (ml/kg) o del mismo modo se considerará su edad.

<b>Edad</b>	<b>Volumen corriente</b>
Adultos	500-800
De 3 a 6 años	250-300
De 1 a 3 años	110-120
De 6 meses a 1 año	70-90
Lactantes hasta 6 meses	40-50
Recién nacidos a termino	20-30
Prematuros	5-10

*Tabla No. 2. Fuente: Publicación del Doctor Joan Marco Elaboración: Patricia Chambergo Ruiz*

Las recomendaciones internacionales indican que todos los resucitadores manuales para pacientes pediátricos deberán estar equipados con un mecanismo limitador de presión para que la presión del aire no exceda los 45 cmH<sub>2</sub>H. (Chambergo, 2017)

### **5.1.3 Parámetros técnicos de RMA**

<b>Descripción</b>	<b>Adulto</b>	<b>Pediátrico</b>	<b>Neonato</b>

Volumen tidal	800 ml	400 ml	150 ml
Peso del paciente	>40 kg (10 años)	10 40 kg	<10 kg
Volumen total de la bolsa	1650 ml	600 ml	280 ml
Dimensiones (long y diámetro)	212 x131 mm	146 x 100 mm	135 x 75
Presión de la válvula limitadora	60cmH <sub>2</sub> o	40 cmH <sub>2</sub> o	40 cmH <sub>2</sub> o
Conector interno al paciente	22mm (ISO)		

*Tabla No. 3. Fuente: Manual resuscitator Directions For Use. Elaboración: Patricia Chambergo Ruiz*

## **6.1 Elementos que se diseñaron en AutoCAD 3D**

### **6.1.1 Brazo presionador combinado con cremallera y pie de amigo**

En la vista frontal es fácil notar la cremallera que se utilizó en ambos brazos para con el mismo Piñón poder invertir su avance y crear el efecto de presión y compresión para de este modo poder dar el aporte vital al paciente y volver a llenar el balón de aire sea del exterior O sea que se tenga una fuente de oxígeno como por ejemplo un tanque.

### **6.1.2 Canal de guía para piñón y cremallera**

Este canal fue diseñado para que sea la guía soporte y base en las cuales se va a encajar el Piñón y engrapar con el motor para poder trasladar la fuerza de presión y asegurar

el motor para que ejerza su trabajo del mismo modo está canal nos permite proteger la cremallera y el piñón de un descarrilamiento en el proceso de trabajo.

### **6.2.3 Canal protector de guía**

El canal protector no sirve para poder asegurar dos de las ruedas dentadas que se utilizaron específicamente las que se encuentran situadas a las esquinas así también evita que las ruedas dentadas puedan tambalear gracias Aló seguros y soportes que tienen las puntas los cuales engrapan y se atornillan para sujetar los al case

### **6.2.4 Separador**

Se consideró el uso de los separadores puesto a que se tiene un vacío entre el motor el Case y la base para poder evitar rozamientos y que posteriormente se puedan presentar desgastes en las paletas se optó por separar mediante arandela separadoras y levantar a todo el equipo 3mm sobre el nivel del case y quedando el motor hacia la parte de abajo sin influir en contra su funcionamiento

### **6.1.5 Piñón**

El piñón está conformado por 20 dientes y con una profundidad de 4.2 mm y una altura de 19 milímetros contando también con una base separadora la cual utilizamos de vástago separadores para poder lograr llegar a la altura deseada desde el motor a la cremallera así también este rueda dentada tiene una perforación de 14 milímetros y un acuñamiento de 3 milímetros en base a este engranaje se logra poder trasladar la fuerza y ejecutar el trabajo de presión y compresión a las paletas y las mismas transfieren la función para que la bolsa de resucitación manual cumpla su función de ventilación.

## **7.1 Formulación para desarrollo de respirador de emergencia automatizado**

### 7.1.1 Fabricación de engranaje

$$m = \frac{dp}{z}$$

m = módulo

dp = diámetro primitivo

z = número de dientes

De = diámetro exterior

#### Formulación

De = Dp + (2(m)) *primera fórmula* Dp

= m(z) *segunda fórmula*

*Se reemplaza 2 en 1*

De = m (z)+(2(m)) *tercera fórmula*

*Hacemos en la ecuación 3 factor común el módulo*

De = m(z+2)

*Despejamos (m)*

m = De /(z+2)

Cálculo del módulo de engrane utilizado en el prototipo

m = De /(z+2)

$$m = \frac{30}{20+2} = 1.36$$

Es decir, para la fabricación del engrane se usará una fresa con módulo de 1.36, ya que en la tabla de elaboración no se posee una fresa con un módulo de 1.36 se utilizará la más próxima a ésta, siendo en este caso la fresa de módulo 1.5 de esta forma las dos partes tanto el engrane como la cremallera puedan coincidir y en su paso las dos serán fabricadas con una fresa del mismo módulo seleccionado.

### 7.1.2 Fabricación de cremallera

En este caso se conoce el módulo que se usó en el engrane siendo 1.36 pero utilizando el más próximo el cual es 1.5. Se fabricó la cremallera aplicando la siguiente formulación:

### **Cremallera en función del módulo**

P = paso	$P = \pi (m)$
H = altura total del diente	$H = 2.167(m)$
E = espesor del diente	$E = 0.5(p)$
C espacio entre dientes	$C = 0.5(p)$
L altura de la cabeza del diente	$L = m$

$\alpha$  Ángulo del diente

$\alpha =$  grados del diente depende de cada módulo

R radio del pie del diente

$$r = 0.3(m)$$

T ancho del fondo del diente

$$T = \frac{P - 4(L)(\tan \alpha)}{2}$$

### **Despeje de fórmulas**

Cremallera en función del módulo

P = paso

$$P = \pi (m)$$

$$P = 3.1416 (1.36) = 4.28$$

H = altura total del diente

$$H = 2.167(m)$$

$$H = 2.167(1.36) = 2.95$$

E = espesor del diente

$$E = 0.5(p)$$

$$E = 0.5(4.28) = 2.14$$

C espacio entre dientes

$$C = 0.5(p)$$

$$C = 0.5(4.28) = 2.14$$

L altura de la cabeza del diente

$$L = m$$

$$L = 1.36$$

$\alpha$  = Ángulo del diente

$$\alpha = 20$$

“Para fines de especificar los cortadores de engranes, los valores del paso diametral y del módulo se tomaron generalmente como números. La siguiente es una lista de fresas para engranes disponibles comercialmente en pasos diametrales con ángulos de presión de  $14\frac{1}{2}^\circ$  y  $20^\circ$ . 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3,  $3\frac{1}{2}$ , 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 42, 48, 50, 64, 72, 80, 96, 120.

Se pueden especificar pasos más finos con incrementos pares hasta llegar a 200. Los pasos que se utilizan comúnmente para los engranes de precisión en instrumentos son 48, 64, 72, 80, 96 y 120. La AGMA (Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes) también incluye en la lista pasos diametrales de  $\frac{1}{2}$  y 1, aunque los fabricantes de herramientas generalmente no mantienen en existencia fresas con estos tamaños. La siguiente es una lista de fresas estándar en módulos métricos (ángulo de presión  $20^\circ$ ).” (Albarrán, 2008)

$\alpha$  = grados del diente depende de cada módulo

R radio del pie del diente

$$r = 0.3(m)$$

$$r = 0.3(1.36) = 0.41$$

T ancho del fondo del diente

$$T = \frac{P - 4(L)(\tan \alpha)}{2}$$

$$T = \frac{4.28 - 4(1.36)(\tan 20^\circ)}{2} = 1.06028$$

### 7.2.1 Torque del motor

En el prototipo se usó al principio un servomotor el cual resultó ser muy deficiente por lo cual, en medio de investigaciones se optó por usar un motor eléctrico que contenga 0.15 hp, logrando obtener un torque suficiente para poder presionar el resucitador manual autoinflable en cada una de sus distintas fases de presión de trabajo.

Esta fórmula también ha sido comprobada por José Díaz, en su estudio denominado “Fabricación, pruebas y simulación numérica del flujo en una turbina Tesla”, el cual afirma que el uso de esta fórmula es efectiva.

#### Formulación:

$$T = \frac{hp(5252)}{rpm}$$

T = torque

hp = caballos de fuerza

5252 = Constante



**rpm** = revoluciones por minuto

**Resolución de fórmulas:**

$$T = \frac{hp(5252)}{rpm}$$

$$T = \frac{0.15(5252)}{30} = 26.26 \text{ lb/pie}$$

### 7.2.2 Avance de la cremallera

En este caso se considera los datos adquiridos con la rueda dentada fabricada, los cuales son:

- La rueda dentada cuenta con 20 dientes en 1 vuelta.
- 3 dientes por centímetro.

Se tomará en referencia estos 2 datos con los cuales se realizará un reemplazo de valores en la fórmula.

**Desarrollo de fórmula:**

$$\frac{1cm}{3dientes} * \frac{20dientes}{1vuelta} = \frac{20cm}{3vueltas} = 6.66 \frac{cm}{vuelta}$$

**Para calcular la velocidad de avance:**

$$\frac{6.66cm}{1vuelta} * \frac{30vueltas}{1minuto} = 200 \text{ cm/min}$$

**Avance por segundo:**

$$\frac{200cm}{1min} * \frac{1min}{60seg} = 3.33 \frac{cm}{seg}$$

### 8.1 Código de programación:

```

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include<Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2); //0x20 o 0x27
// motor driver sketch (puente H)
int R_IS = 6;
int R_EN = 2;
int R_PWM = 3;
int L_IS = 7;
int L_EN = 4;
int L_PWM = 5;
int p8=8;
int p9=9;
int p10=10;
int punto=0;
int inicio=0;
int valor=8;

void setup() {

  lcd.init();
  lcd.backlight();      // Activar luz de fondo
  lcd.clear();          // Borrar LCD

  lcd.setCursor(3,0);   // coordenadas LCD (x,y)
  lcd.print("RESPIRADOR"); // Mensaje de inicio
  lcd.setCursor(4,1);   // coordenadas LCD (x,y)
  lcd.print("PORTATIL"); // Mensaje de inicio
  delay(1500);
  lcd.clear();          // Borrar LCD
  lcd.setCursor(0,0);   // coordenadas LCD (x,y)
  lcd.print(" RESPIRADOR "); // Mensaje de inicio
  lcd.setCursor(0,1);   // coordenadas LCD (x,y)
  lcd.print("  DETENIDO  "); // Mensaje de inicio

  pinMode(R_EN, OUTPUT);
  pinMode(R_PWM, OUTPUT);
  pinMode(L_IS, OUTPUT);
  pinMode(L_EN, OUTPUT);
  pinMode(L_PWM, OUTPUT);
  pinMode(p8,INPUT);
  pinMode(p9,INPUT);
  pinMode(p10,INPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  digitalWrite(R_IS, LOW);

```

```

digitalWrite(L_IS, LOW);
digitalWrite(R_EN, HIGH);
digitalWrite(L_EN, HIGH);
}
void loop() {

// delay(10);

//menu inicio
// si inicio vale 1 calibración
// si inicio vale 2 ajuste de pulsos
// si inicio vale 3 inicio de equipo
if (digitalRead(p8) == HIGH){
  analogWrite(R_PWM, 0);
  analogWrite(L_PWM, 0);
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(13, LOW);
  inicio=inicio+1;
}
if (inicio==1) // calibración
{

// lcd.clear();      // Borrar LCD
lcd.setCursor(0,0);  // coordenadas LCD (x,y)
lcd.print(" AJUSTAR "); // Mensaje de inicio
lcd.setCursor(0,1);  // coordenadas LCD (x,y)
lcd.print(" POSICION "); // Mensaje de inicio

if (digitalRead(p9) == HIGH)
{
  // cierra
  analogWrite(R_PWM, 0);
  analogWrite(L_PWM, 60);
  delay(100);

}else { analogWrite(R_PWM, 0);
        analogWrite(L_PWM, 0); }

if (digitalRead(p10) == HIGH)
{
  // abre
  analogWrite(R_PWM, 60);
  analogWrite(L_PWM, 0);
  delay(100);

}else { analogWrite(R_PWM, 0);
        analogWrite(L_PWM, 0); }
}
}

```

```

if (inicio==2){

    // lcd.clear();          // Borrar LCD
    lcd.setCursor(0,0);     // coordenadas LCD (x,y)
    lcd.print(" SISTEMA PULSOS "); // Mensaje de inicio

    if (valor<10)
    {lcd.setCursor(0,1);    // coordenadas LCD (x,y)
    lcd.print("Pulsos = 0 "); // Mensaje de inicio
    }else {
        lcd.setCursor(9,1); // coordenadas LCD (x,y)
        lcd.print(valor); // Mensaje de inicio
    }

    //subir pulsos
    if (digitalRead(p9) == HIGH )
    { if(punto<28){
        punto=punto+2;
        valor=valor+2;
        digitalWrite(13, HIGH);
        delay(500);
        digitalWrite(13, LOW);

    }
    }else {}
    //bajar pulsos
    if (digitalRead(p10) == HIGH)
    {
        if (punto>2){
            punto=punto-2;
            valor=valor-2;
            digitalWrite(13, HIGH);
            delay(500);
            digitalWrite(13, LOW);

        }
    } else {}

}

while (inicio>2){
    // lcd.clear();          // Borrar LCD
    lcd.setCursor(0,0);     // coordenadas LCD (x,y)
    lcd.print(" PULSOS/MIN "); // Mensaje de inicio
    lcd.setCursor(0,1);    // coordenadas LCD (x,y)
    lcd.print("Pulsos = "); // Mensaje de inicio
    lcd.setCursor(9,1);    // coordenadas LCD (x,y)
    lcd.print(valor); // Mensaje de inicio
}

```

```

//PARAR motor
if (digitalRead(p8) == HIGH)
{
  analogWrite(R_PWM, 0);
  analogWrite(L_PWM, 0);
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(13, LOW);
  punto=0;
  inicio=0;
  lcd.clear();

}

//Cantidad de pulsos segun la etapa
//adulto
//10 pulsos listo
if (punto==2){
  // cierra
  analogWrite(R_PWM, 0);
  analogWrite(L_PWM, 60);
  delay(3301);
  // abre
  analogWrite(R_PWM, 120);
  analogWrite(L_PWM, 0);
  delay(1200);
  // descansa
  analogWrite(R_PWM, 0);
  analogWrite(L_PWM, 0);
  delay(1800);

}

//12 pulsos
if (punto==4){
  // cierra
  analogWrite(R_PWM, 0);
  analogWrite(L_PWM, 60);
  delay(3000);
  // abre
  analogWrite(R_PWM, 120);
  analogWrite(L_PWM, 0);
  delay(1200);
  // descansa
  analogWrite(R_PWM, 0);
  analogWrite(L_PWM, 0);
  delay(1000);
}

```

```

    }

//14 pulsos
    if (punto==6){
        // cierra
        analogWrite(R_PWM, 0);
        analogWrite(L_PWM, 60);
        delay(3000);
        // abre
        analogWrite(R_PWM, 120);
        analogWrite(L_PWM, 0);
        delay(1200);
        // descansa
        analogWrite(R_PWM, 0);
        analogWrite(L_PWM, 0);
        delay(200);
    }

//16 pulsos
    if (punto==8){
        analogWrite(R_PWM, 0);
        analogWrite(L_PWM, 90);
        delay(1800);
        // abre
        analogWrite(R_PWM, 120);
        analogWrite(L_PWM, 0);
        delay(1200);
        // descansa
        analogWrite(R_PWM, 0);
        analogWrite(L_PWM, 0);
        delay(1200);
    }

//pediátrico
//18 pulsos
    if (punto==10){
        analogWrite(R_PWM, 0);
        analogWrite(L_PWM, 90);
        delay(1200);
        // abre
        analogWrite(R_PWM, 120);
        analogWrite(L_PWM, 0);
        delay(1000);
        // descansa

```

```

    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(1200);
}

//20 pulsos
if (punto==12){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 90);
    delay(1200);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(1000);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(820);
}

//22 pulsos
if (punto==14){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 90);
    delay(1200);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(1000);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(560);
}

//24 pulsos
if (punto==16){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 90);
    delay(1200);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(1000);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(300);
}

```

```

// neonatal

//30 pulsos
if (punto==18){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 100);
    delay(500);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(800);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(700);
}

//32 pulsos
if (punto==20){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 100);
    delay(500);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(800);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(600);
}

//34 pulsos
if (punto==22){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 100);
    delay(500);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(800);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(500);
}

```



```

//36 pulsos
if (punto==24){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 100);
    delay(500);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(800);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(400);
}

//38 pulsos
if (punto==26){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 100);
    delay(500);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(800);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(200);
    valor=38;
}

//40 pulsos
if (punto==28){
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 120);
    delay(350);
// abre
    analogWrite(R_PWM, 120);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(800);
// descansa
    analogWrite(R_PWM, 0);
    analogWrite(L_PWM, 0);
    delay(350);
    valor=40;
}

} //cierra while
}

```

## **Capítulo IV**

### **1.1 RESULTADOS**

#### **1.1.1 Resultado del foro aplicado mediante la prueba de respirador de emergencia automatizado a maniquí de simulación**

Para la demostración del diseño y fabricación del prototipo del respirador de emergencia automatizado, se realizó una prueba de su funcionamiento en un maniquí de simulación. Entre los espectadores, el público que se eligió fue: médicos, enfermeras e internos residentes del subcentro del cantón Pasaje.

De esta manera, para analizar los resultados del foro, se tomaron en cuenta comentarios emitidos durante la exposición, agrupando los comentarios relevantes positivos al igual que los comentarios negativos, considerando que el punto principal del foro fue percibir el nivel de aceptación y satisfacción de los presentes frente al tema expuesto.

Si bien es cierto, entre los comentarios positivos se han tomado en cuenta los más relevantes:

- “La presencia de un respirador automatizado dentro del subcentro u hospitales, facilitaría el trabajo de los médicos, sobre todo para los centros de salud que aún no cuentan con esta máquina para pacientes con insuficiencia respiratoria”
- La utilización de este aparato previene lesiones pulmonares, y justamente lo que el médico quiere hacer es no lastimar al paciente durante esta maniobra, es

decir que, de manera general, la utilización del mismo sería de gran aporte para los centros de salud.

En efecto, se logró demostrar que los rangos normales de la frecuencia respiratoria en un adulto son de 12 a 18 por minuto, al realizar la prueba del dispositivo fueron resultados favorables al regular la respiración, por lo cual el dispositivo está listo para su utilización en una emergencia. Es decir, que, para los asistentes profesionales, usar un prototipo respirador de emergencia automatizado desde una bolsa de resucitación manual, daría aportes positivos en el centro de salud, especialmente en casos actuales frente a la situación emergente sanitaria Covid-19.

### **1.1.2 Resultados de la entrevista, dirigida al Dr.**

Durante la entrevista realizada al Dr. Steven Polo, manifestó que, si un centro de salud cuenta con este tipo de aparatos mecánicos, ayudaría al 90% a mejorar el sistema respiratorio de los pacientes que tienen insuficiencia respiratoria, ya que imita la respiración normal. Tomando en consideración aquello, asimiló que puede ser utilizada con la técnica de máscara para una persona como también para dos personas.

En el caso de que sea utilizado para dos personas, es irrelevante que quien lo está aplicando tenga su segundo operador, ya que esta técnica permite que el uso de los músculos de las manos pueda mantener un sello fuerte en la mandíbula evitando la fatiga en el paciente. Ahora bien, en el caso de que sea aplicado a una persona, debe asegurarse que la tracción solo sea en partes óseas de la mandíbula.

### **1.1.3 Análisis general de resultados**

La insuficiencia respiratoria manifestada en los pacientes que ingresan generalmente a las salas de hospitalización o Unidades de Cuidado Intensivo (UCI)

independientemente del origen de su causa o enfermedad subyacente tienen a realizar falla orgánica múltiple, por la hipoxemia refractaria a la cual son sometidos por la disminución del aporte de oxígeno hacia los tejidos.

Una de las técnicas más aplicadas para salvaguardar la vida del paciente en estos casos es la utilización de equipos manuales autoinflables que permitan la salida y entrada de aire en el sistema respiratorio del mismo. A pesar de que este procedimiento ha sido aplicado desde hace mucho tiempo, es importante reconocer el porcentaje de error que existe en la ejecución del mismo por efecto del cansancio de la persona que realiza éste método debido a que su uso es manual.

Con el diseño del dispositivo implementado en este proyecto, se ha logrado considerar una nueva metodología que logra evitar este tipo de errores, con base a la automatización del respirador ya conocido, gracias a lo cual quienes conforman el equipo de atención del paciente en estado de insuficiencia respiratoria, pueden brindar a los mismos el soporte ventilatorio necesario para cubrir las necesidades de oxígeno presentes durante este estado.

Las válvulas implementadas en este dispositivo manual permiten la salida y entrada de oxígeno hacia el sistema respiratorio del paciente sin la necesidad de una intervención manual, de tal forma que se facilitan los procesos y se logra asegurar mantener la vida del paciente puesto que los marcadores automáticos están programados para utilizar las presiones exactas y necesarias durante el soporte ventilatorio cardiopulmonar.

Este procedimiento ha sido comprobado en ejercicios de reanimación cardio pulmonar y se sugiere su utilización debido a la efectividad demostrada en los ensayos experimentales.

#### **1.1.4 Costo de prototipo**

En la siguiente tabla se muestra detallado el costo de los elementos que intervienen en el ensamble del prototipo del respirador de emergencia automatizado.

<b>Presupuesto para el diseño de un prototipo de respirador artificial</b>	
<b>Detalle del costo del proyecto</b>	
<b>Detalle del costo del proyecto</b>	<b>valor</b>
Documentación	\$400.00
Movilización	\$150.00
Artículos de prueba	\$230.00
Encuestas al personal de salud	\$ 40.00
Acrílico de 6 mm	\$50.00
Corte de acrílico	\$10.00
Pegamento de acrílico	\$5.00
Arduino	\$29.00
Filamento para impresora 3D PLA	\$22.00
Motor	\$55.00

Pantalla	\$10.00
Cables	\$8.00
Botoneras	\$5.00
Sensor de pulso	\$7.00
Bolsa de RMA	\$74.00
MDF	\$30.00
Tornillos, pernos, arandelas	\$4.00
Piedras de pulimiento	\$6.00
Manómetro	\$5.00
Tuberías	\$11.00
Programación	\$270.00
Fuente de poder	\$36.00
Reuniones con grupos interesados	\$60.00
Entrevista con profesionales de la salud	\$200.00
Material bibliográfico	\$250.00
Gastos varios	\$150.00

<b>Costo total</b>	<b>\$2117.00</b>
--------------------	------------------

*Tabla No. 5. Elaborado por autor.*

## **CONCLUSIONES**

- El respirador automatizado diseñado en esta propuesta es un prototipo de dispositivo que logra satisfacer las necesidades ventilatorias de los pacientes con insuficiencia respiratoria independientemente de la causa subyacente a la progresión del mismo. El instrumento base es la bolsa de resucitación manual y al estar adaptada a un sistema de válvulas permite el intercambio de los gases necesarios para la atención del paciente sin la asistencia del personal sanitario.
- Bajo este diseño se asegura la eficacia en los procedimientos de ventilación mecánica, garantizando un mejor intercambio gaseoso en pro-beneficio del paciente, ya que logra mantener una presión suficiente para que los pulmones no colapsen y su oxigenación sea adecuada.

### **Recomendaciones generales**

- Es importante que, el globo del sistema manual autoinflable sea desinfectado en un ambiente húmedo, ya que la bolsa podría deformarse.

- Así mismo, es necesario esclarecer que el uso prolongado del mismo solo es hasta 24 horas, ya que niveles excesivos de este equipo pueden provocar daños en sus circuitos.
- Las mascarillas y mangueras que se usen deben ser desechables, para así evitar cualquier tipo de contagios entre pacientes.
- Por último, una de las recomendaciones que se consideran también de índole importante, es que no se obstruya el ingreso de aire al motor, porque lo que se necesita es que exista facilidades de ventilación.

### **Recomendaciones para su manejo.**

La ventilación mecánica, necesita de la competencia de habilidades y el uso de técnicas adecuadas para su utilización, la misma que necesariamente requiere de cinco aspectos indispensables siendo:

- La primera constatar que todos los implementos estén totalmente completos y aptos para la utilización.
- La segunda, utilizar técnicas de maniobras correctas.
- El paciente al que se le realizará el proceso mediante el aparato mecánico tenga su orofaringe libre de obstrucciones físicas, es decir sin cuerpos extraños, ni vómito ni secreciones.
- Si se utiliza incorrectamente el aparato ventilatorio mecánica, puede provocar que entre aire al estómago del paciente.
- Otra de las cosas importantes es, que debe tener el debido cuidado en pacientes hipertensos ya que la utilización prolongada del mismo, puede reducir el retorno venoso del paciente.



## BIBLIOGRAFÍA

- Neonatal Resuscitation Program. (octubre de 2018). *Neonatal Resuscitation Program 7th Edition Practice Integration. Critical care nursing clinics of North America*. Obtenido de Neonatal Resuscitation Program 7th Edition Practice Integration. Critical care nursing clinics of North America: <https://shop.aap.org/products/nrp/>
- Abdo-Cuza, A. S.-L.-G. (2020). Ventilación artificial mecánica en la enfermedad por coronavirus COVID-19: toda una historia de ingenio como en sus orígenes. *Revista Hospital Emilio Ferreya.*, e19-e21.
- Arias. (2020). *Informe de culminacion de año social rural*. Pasaje. Obtenido de <http://rolabsa.com/new/>
- Chamberg Ruiz, P. D. (2017). *Diseño, simulación y control de un resucitador para pacientes con dificultad respiratoria*.
- Conor T McCartney MD, M. N. (2016). Residual Volume and Total Lung Capacity to Assess Reversibility in obstructive lung disease. *Respiratory care*, 1505-1512.
- Cortés-Román, J. S.-D.-V.-M.-J.-S. (2018). Índices de oxigenación como predictores de fracaso en la extubación en pacientes críticamente enfermos. *Acta colombiana de cuidados intensivos*, 140-146.
- Cotes, J. E. (2020). Lung volumes. *Lung Function*, 177-185.
- Cucunubo Muñoz, L. A. (2016). *Protocolo de la técnica de liberación miofascial diafragmática para pacientes candidatos a extubación de ventilación mecánica en unidades de cuidados intensivos adulto*. Bogotá.
- Diaz, J. (2012). Fabricación, pruebas y simulación numérica del flujo en una turbina Tesla. UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.
- Herrero, J. L. (2019). Breathing above the brain stem: volitional control and attentional modulation in humans. *Journal of Neurophysiology.*, 119(1), 145–159.
- INEC. (2020). Estadísticas Vitales. Registro Estadístico de Defunciones Generales de 2020. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion\\_y\\_Demografia/Defunciones\\_Generales\\_2020/2021-06-10\\_Principales\\_resultados\\_EDG\\_2020\\_final.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Defunciones_Generales_2020/2021-06-10_Principales_resultados_EDG_2020_final.pdf)

- Inthavong, K. T. (2016). *The Human Respiratory System. Biological and Medical Physics*. Biomedical Engineering.
- Jameson, J. L. (2018). *Harrison's principles of internal medicine*. Nueva York: McGraw-Hill Education.
- Knudsen, L. &. (2018). (2018). The micromechanics of lung alveoli: structure and function of surfactant and tissue components. *Histochemistry and Cell Biology*, 661-676.
- López, J. Cárdenas, P. Giraldo, G. Herrera, A. Coronavirus – COVID 19: Más allá de la enfermedad pulmonar, qué es y qué sabemos del vínculo con el sistema cardiovascular. *Revista Colombiana de Cardiología*. 27 (3). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563320300784>
- Lundberg, A. A. (2018). Cardiopulmonary resuscitation quality during. *International Journal of Occupational safety and*, 652-655.
- Lutfi, M. F. (2017). The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements. (1). *Multidisciplinary Respiratory Medicine*.
- Meyerholz, D. K. (2018). *Respiratory System. Comparative Anatomy and Histology*, . Washington: Academic Press.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2016). *Bioseguridad para los establecimientos de salud. Manual*. Quito: Dirección Nacional de Normatización.
- Molina-Ramirez, t. (2017). Caracterización del patrón respiratorio de pacientes con insuficiencia cardíaca crónica mediante análisis de dinámica simbólica conjunta. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 199-207.
- Mortola, J. P. (2018). How to breathe? Respiratory mechanics and breathing pattern. . *Respiratory Physiology & Neurobiology*., 48-54.
- MSP. (2019).
- MSP. (s.f.). *Ministerio de Salud Pública*.
- Muñoz, M., Caballero, R., Del Pozo, J., Miraval, M., & Caballero, P. (2015). Importancia de los indicadores de calidad para procedimientos de bioseguridad en los laboratorios clínicos. *Bol - Inst Nac Salud*, 21(3-4), 47-54.
- OMS. (29 de septiembre de 2020). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud: <https://www.paho.org/es/documentos/tabla-presion-arterial-media-signos-vitales>
- OPS. (2012). *OMS estima que 7 millones de muertes ocurren cada año debido a la contaminación atmosférica*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2011). *Bioseguridad y mantenimiento*. Obtenido de

[https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5460:2011-bioseguridad-mantenimiento&Itemid=3952&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5460:2011-bioseguridad-mantenimiento&Itemid=3952&lang=es)

- Palange, P. &. (2019). *ERS handbook of respiratory medicine*. Frankfurt: European Respiratory Society.
- Panchal, A. R. (2019). use of advanced airways, vasopressors, and extracorporeal cardiopulmonary resuscitation during cardiac arrest. *American Heart Association*, 881-894.
- Peate, I. (2018). Anatomy and physiology. The respiratory system. . *British Journal of Healthcare Assistants*, 12(4), 178–181. .
- Pereyraa, D. C. (2021). *Respiración de Cheyne-Stokes en una adolescente con*. Buenos Aires.
- Roehr, C. C. (2020). T-piece resuscitator or self-inflating bag during neonatal resuscitation: a scoping review. *Pediatric Research.*, 1-7.
- Romer, J. Sejas, J. Orozco, N. Vargas, C. Talavera, A. Armijo, F. (2020). Traslado de paciente sospechoso o confirmado COVID-19 de Centros de Salud a Hospital de referencia. ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA. 1. (1). Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Romer-Villca-Javier-3/publication/354641327\\_Protocolo\\_Traslado\\_de\\_paciente\\_sospechoso\\_o\\_confirmado\\_COVID-19\\_de\\_Centros\\_de\\_Salud\\_a\\_Hospital\\_de\\_referencia/links/6143d45ca609b152aa157347/Protocolo-Traslado-de-paciente-sospechoso-o-confirmado-COVID-19-de-Centros-de-Salud-a-Hospital-de-referencia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Romer-Villca-Javier-3/publication/354641327_Protocolo_Traslado_de_paciente_sospechoso_o_confirmado_COVID-19_de_Centros_de_Salud_a_Hospital_de_referencia/links/6143d45ca609b152aa157347/Protocolo-Traslado-de-paciente-sospechoso-o-confirmado-COVID-19-de-Centros-de-Salud-a-Hospital-de-referencia.pdf)
- Santhi B 1, D. V. (2017). TRACHEA AND MODE OF BRANCHING OF BRONCHIAL TREE:ANATOMICAL STUDY. *International Journal of Anatomy and Research*, 80-83.
- Selene Guerrero-Zúñiga, J. C.-G.-R.-J. (2016). Pletismografía corporal: recomendaciones y procedimiento. *Neumología y Cirugía de Tórax*, 296-303.

**ANEXO No. 1**  
**FORO CON PERSONAL MÉDICO DE CENTRO DE SALUD MEDIANTE ZOOM**

