



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“Desarrollo de sistema de adquisición de señales
electroacústicas para el monitoreo del aparato respiratorio”

PRESENTA:

EDUARDO GIRÓN CERVANTES

CON NÚMERO DE CONTROL

19TE0401

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO

IMCT-2010-229

DIRECTOR (A) DE TESIS:

M.S.C. Gabriel Angel Ramírez Vicente

“ La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, FEBRERO 2024



Preliminares

Agradecimientos

A mi madre:

Agradezco a mi madre Rosalina por su amor incondicional y que a pesar de las adversidades siempre estará para apoyarme y aconsejarme.

A mis hermanas:

Agradezco a mis hermanas, Gladys y Leslie que desde pequeño siempre me han apoyado emocionalmente y me han ayudado a resolver temas de escuela que en su momento fueron complicados para mí.

A mis amigos:

Gracias a mis viejos y nuevos amigos que además de ayudarnos en la escuela también compartíamos momentos de risa y diversión.

Resumen

Este reporte de investigación consiste en dar una propuesta de un sistema que permita recolectar señales electroacústicas del sistema respiratorio para su respectivo monitoreo, estas señales son recolectadas con unos loudness sensors v0.9b. Esta investigación busca ayudar a los médicos a tener una mejor inspección sobre la salud pulmonar de los pacientes siendo más eficiente el proceso de muestreo a modo de que el tiempo de atención disminuya y con esto también disminuya el nivel de saturación en instalaciones médicas.

Introducción

Entre el año 2020 y el año 2022 México y el mundo estaban pasando por una fuerte crisis sanitaria, la pandemia del COVID-19. Recordemos que este virus causa grandes daños a los pulmones ocasionando que los hospitales, clínicas y demás instalaciones médicas se saturaran de pacientes con problemas respiratorios, los departamentos de neumología no podían satisfacer la demanda de personas que llegaban diario a las instalaciones, además muchos de los médicos especializados en neumología se encontraban en hospitales de renombre lo que dejaba muy vulnerables a los centros médicos que se localizan en zonas rurales donde el personal especializado escasea, es en base a esto con lo que se plantea la idea de desarrollar un (prototipo) instrumento de reconexión de señales de audio que pueda monitorear el sistema respiratorio de pacientes que padezcan algún problema en sus pulmones y de este modo ayudar a los médicos neumólogos a inspeccionar a sus pacientes de un modo más rápido y eficiente.

El instrumento consiste en un chaleco de tela que quede justo a la talla de una persona promedio, de modo que quede ajustado al tórax del individuo, esto es para que los sensores acústicos queden lo más apretados posibles al cuerpo para una mejor calidad de audio y una recolección de señales más amplia y precisa. Los datos recolectados son procesados a modo de que sea más fácil su interpretación y los médicos puedan ser más rápidos a la hora de hacer un análisis y dar un diagnóstico.

Índice General

Preliminares	1
Agradecimientos	2
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Índice General	5
Capítulo I	8
Generalidades del proyecto.....	8
1.1 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del estudiante.....	9
1.1.1 Antecedentes	9
1.1.2 Misión.....	10
1.1.3 Visión.....	10
1.1.4 Valores	10
1.1.5 Estructura orgánica.....	11
1.1.5 Localización.....	11
1.2 Problemas de investigación	13
1.3 Preguntas de investigación	14
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo general.....	14
1.4.2 Objetivos específicos.....	14
1.5 Justificación de la investigación	15
Capítulo II.....	16
Marco teórico.....	16
2.1 Fundamentos teóricos	17
2.1.1 La auscultación pulmonar.....	17
2.1.1.1 Antecedentes de la auscultación pulmonar	17
2.1.1.2 ¿Qué es la auscultación?.....	19
2.1.1.3 ¿Cómo se evalúa la respiración en un paciente?.....	20
2.1.2 Métodos para la inspección de la respiración.....	20
2.1.2.1 Espirometría.....	20

2.1.2.2 Pletismografía corporal	21
2.1.2.3 Difusión pulmonar de monóxido de carbono con respiración única.....	22
2.1.2.4 Gasometría arterial y oximetría de pulso.....	23
2.1.2.5 Caminata de seis minutos.....	24
2.1.2.6 Prueba de reto con ejercicio.....	25
2.1.2.7 Prueba cardiopulmonar de ejercicio	26
2.1.3 Enfermedades respiratorias y sus síntomas:	27
2.1.4 Tasa de mortalidad:	29
2.1.5 Softwares de modelado 3D.....	30
2.1.5.1 SolidWorks.....	30
2.1.5.2 SOLIDWORKS en el proceso de desarrollo del producto	31
2.1.5.3 Soluciones.....	31
2.1.5.4 Blender	32
2.1.6 El estetoscopio	32
2.1.6.2 ¿Qué es un Estetoscopio?.....	32
2.1.6.2 Partes de un estetoscopio	33
2.1.7 Campana, diafragma y capsula	35
2.1.8 Material de los diafragmas	35
Capítulo III	36
Desarrollo y metodología	36
3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	37
3.1.1 Cronograma de actividades:	37
3.2 Alcance y enfoque de la investigación	39
3.3 Hipótesis	39
3.4 Diseño y metodología de la investigación	39
3.4.1 Investigar sobre la Auscultación pulmonar.....	40
3.4.2 Investigar y especificar los puntos críticos de los pulmones.....	40
3.4.3 Diseño en bosquejo del chaleco.....	42
3.4.4 Modelado 3D de la caja torácica	43
3.4.5 Modelado 3D del chaleco	43
3.4.6 Análisis y correcciones del modelado	44
3.4.7 Creación física del chaleco	44

3.4.8 Modelado e impresión de accesorios para los circuitos del chaleco.....	46
3.4.9 Ensamble del chaleco, los circuitos y accesorios	47
3.4.10 Entrega Final del chaleco	48
Capítulo IV	49
Resultados	49
4.1 Resultados	50
Capítulo V	58
Conclusiones	58
5.1 Conclusiones del proyecto, recomendaciones y experiencia profesional y personal adquirida.....	59
5.2 Conclusiones relativas a los objetivos específicos.....	59
5.3 Conclusiones relativas al objetivo general	61
5.4 Limitaciones del modelo planteado.....	62
5.5 Recomendaciones	62
Capítulo VI.....	63
Competencias desarrolladas.....	63
6.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas.....	64
Capítulo VII - Fuentes de Información.....	65
7.1 Fuentes de Información	66
Bibliografía	66
Capítulo VIII - Anexos.....	68
8.1 Anexos	69
Índice de figuras	73

Capítulo I

Generalidades del proyecto

1.1 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del estudiante

1.1.1 Antecedentes

El primer día del mes de septiembre de 1993 inició actividades el Instituto ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial y Licenciatura en Administración, siendo el primer Tecnológico Descentralizado del Estado de Puebla, junto con su similar de la Sierra Norte, designándose como primer director general a José Emilio Guillermo Ortega Balbuena. Las primeras actividades académicas se desarrollaron en el “Centro de Bachillerato Tecnológico, Industrial y de Servicios No. 44”, el cual resultó insuficiente ante la aceptación de los estudiantes; por lo que apenas un semestre después el Instituto se trasladó a una granja avícola y la casa anexa.

Es por ello que el Instituto asume el compromiso de certificarse a través de la Norma ISO 9001-2008 y es en el mes de abril del año 2006 cuando esta casa de estudios recibe orgullosamente y además con distinción, la certificación por parte de la empresa QMI-SAIGLOBAL, quien la certifica como una Institución de Calidad en su proceso de Enseñanza – Aprendizaje.

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, atento a las demandas de la sociedad, y a los principios de la Ley de Educación del Estado de Puebla, se consolida como una Institución cuyo objetivo es lograr una educación de calidad, moderna y eficaz, orientada al servicio, acercándola a las necesidades e intereses de la población, que promueva el uso transparente y eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros de que disponga, y que cumpla puntualmente con sus programas de trabajo.

1.1.2 Misión

El instituto Tecnológico Superior de Teziutlán tienen como Misión, formar Profesionales que se constituyan en agentes de cambio y promuevan el desarrollo integral de la sociedad, mediante la implementación de procesos académicos de calidad.

1.1.3 Visión

Llegar a ser la Institución de Educación Superior Tecnológica más reconocida en el Estado de Puebla, que ofrezca un proceso de Enseñanza – Aprendizaje certificado, comprometido con la excelencia académica y la formación integral del Alumno, contribuyendo al desarrollo sustentable, económico, político y social de nuestro Estado.

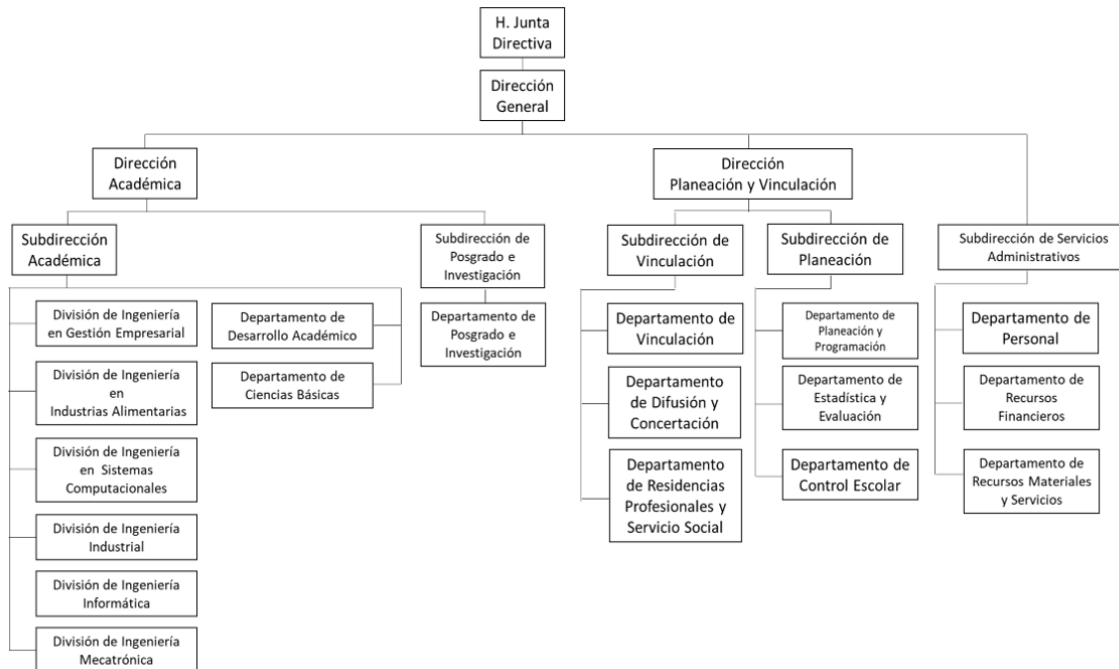
1.1.4 Valores

Los valores fundamentales del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán están arraigados en el compromiso con la excelencia académica, la ética profesional y el desarrollo integral de sus estudiantes. Los valores institucionales son los siguientes:

- Excelencia académica
- Ética y responsabilidad
- Inclusión y diversidad
- Trabajo en equipo
- Compromiso social

1.1.5 Estructura orgánica

Ilustración 1. Estructura Orgánica del Tecnológico Superior de Teziutlán



Número de registro: **GEP1719/09/00012A/11/18**

Última fecha de modificación: **NOVIEMBRE DE 2018**

Fuente: *(Tecnológico Superior de Teziutlán , s.f.)*

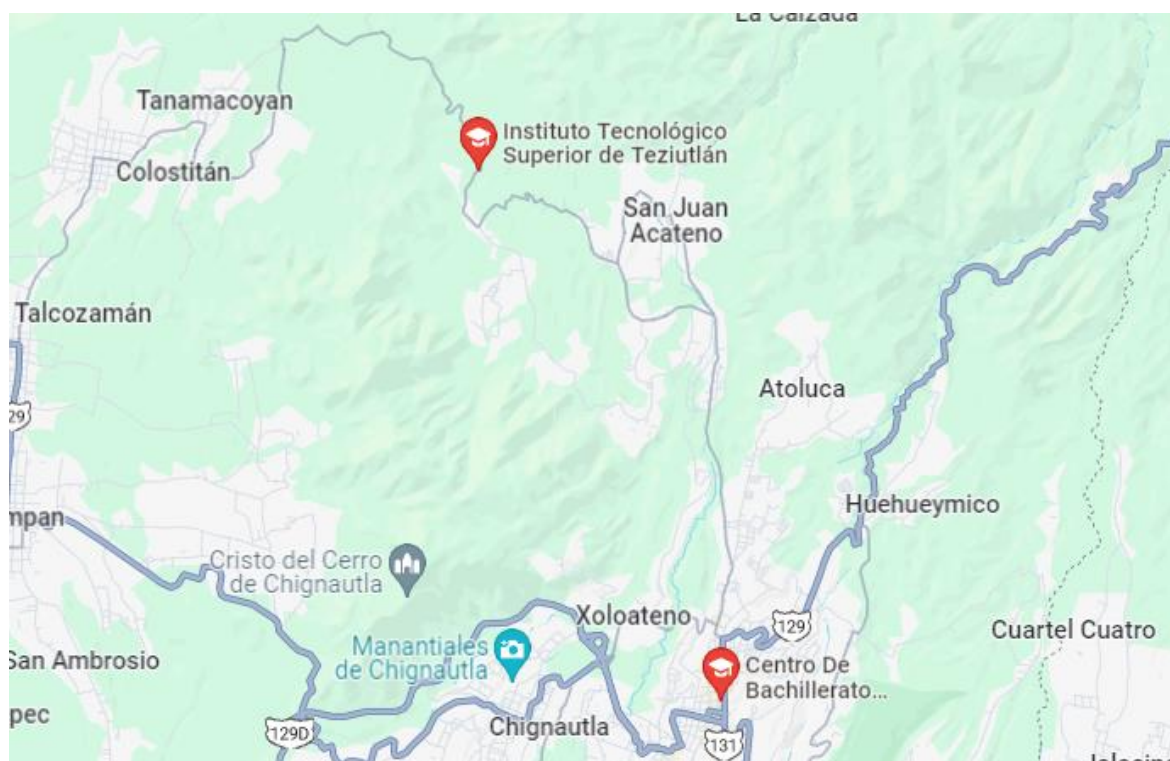
1.1.5 Localización

El "ITST" o Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán está ubicado en una zona montañosa en el estado de Puebla, México. Esta macrolocalización puede ofrecer numerosas ventajas geográficas y logísticas para el desarrollo educativo y tecnológico de la institución. Se encuentra rodeado de una rica biodiversidad y una comunidad local vibrante, el instituto se sitúa en un área accesible y conectada a través de carreteras principales y rutas de transporte público, lo que facilita el acceso

tanto para estudiantes locales como para aquellos que provienen de otras partes del estado o fuera del estado.

Este Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán está ubicado dentro de la ciudad de Teziutlán, la microlocalización del Instituto Tecnológico Superior se encuentra en una posición estratégica en relación con las infraestructuras y servicios clave. El campus está situado en una zona con seguridad y bien comunicada, con acceso a instalaciones de transporte público y avenidas principales que facilitan el desplazamiento de estudiantes, profesores y personal. Además, la cercanía a centros comerciales, servicios de salud y opciones de alojamiento contribuye a la comodidad y bienestar de la comunidad académica. Abajo se puede apreciar una pequeña fotografía de la ubicación en Google Maps (Ilustración 2).

Ilustración 2. Ubicación del Tecnológico Superior de Teziutlan



Fuente: (Google Maps, 2023)

1.2 Problemas de investigación

De acuerdo con información obtenida de la base de datos del sistema de información de la RED IRAG, en México la demanda de personal y suministros en las clínicas, hospitales y centros de salud pública se vieron fuertemente afectados con la llegada del COVID-19 entre los años 2019 y 2022, llegando a tener hasta un 70% de saturación con más de 47 mil pacientes diarios. Esta indica a principios del año 2022 Puebla ocupaba el puesto 17 entre los estados de toda la república mexicana con mayor índice de presión hospitalaria.

Al ser el COVID-19 una enfermedad respiratoria y altamente contagiosa provocó que su diagnóstico y monitoreo fuese una actividad de alto riesgo para las personas pertenecientes al sector salud, así como, a los familiares de los pacientes que estuvieron en cuarentena en su domicilio. Esto generó que las salas de diagnóstico y monitoreo se vieran saturadas. Los diagnósticos médicos de esta enfermedad por su naturaleza debían ser realizados por médicos especialistas en la rama de Neumología lo que también superó al personal en los centros hospitalarios. Aparte de esta enfermedad dentro de la Neumología más específicamente en área de Auscultación pulmonar existen pacientes con problemas para realizar los ejercicios o procedimientos que el médico les indica, por ejemplo, el mantener la respiración, esto generalmente se da en personas de la tercera edad o personas con enfermedades respiratorias donde les es más difícil estas actividades. Así mismo, los tiempos de espera para las consultas y las condiciones de salud de los pacientes pueden provocar complicaciones de salud en los pacientes pudiendo provocar daños irreversibles e incluso la muerte. Algunas de las enfermedades respiratorias más comunes y riesgosas son la neumonía, el asma, la fibrosis pulmonar, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, (EPOC), el cáncer de pulmón y recientemente el Covid-19. Hasta el 30% de las personas con EPOC nunca han fumado, también se puede dar por una rara infección genética denominada deficiencia de "Alfa-1 antitripsina" (AAT).

1.3 Preguntas de investigación

¿Se puede elaborar un dispositivo que permita el monitoreo de largo plazo de personas con enfermedades respiratorias crónicas?

¿Se pueden utilizar las grabaciones electroacústicas del aparato respiratorio para el diagnóstico no presencial de enfermedades respiratorias?

¿El dispositivo puede ser utilizado para la obtención de grabaciones de alta calidad del sistema respiratorio?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y elaborar un chaleco que mediante un circuito electrónico permita la adquisición de señales electroacústicas, siendo un dispositivo no invasivo al paciente y que al mismo tiempo permita monitorear los patrones respiratorios para su procesamiento e interpretación médica reduciendo la saturación de personas por los tiempos de espera en clínicas y hospitales.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el estado del arte de los dispositivos dedicados al muestreo del aparato respiratorio centrados en la adquisición de audio.
- Determinar las características sensoriales del dispositivo para monitorear los parámetros que afecten la condición del paciente.
- Identificar los puntos óptimos para la obtención de las señales electroacústicas.

- Determinar las características de los componentes físicos para la fabricación del dispositivo que permitan la eliminación de perturbaciones acústicas.
- Diseñar el sistema contenedor de los sensores de audio.
- Realizar pruebas de funcionamiento en personas de diferente enfermedad crónica.

1.5 Justificación de la investigación

La implementación de la tecnológica dentro de las actividades de auscultación pulmonar para el diagnóstico de enfermedades respiratorias permitirá a los pacientes de enfermedades respiratorias crónicas poder monitorear su estado de salud sin la necesidad de solicitar consulta en los centros de salud público, esto con la ayuda de un chaleco que tiene la capacidad de recopilar información acústica por medio de sensores tipo micrófono que recabarán el sonido de la respiración del paciente.

Con la implementación del chaleco dentro del área médica es posible mejorar la calidad de vida de las personas, el simple hecho de saber que los pulmones están empezando a enfermar se pueden aplicar acciones para mejorar las condiciones de salud del paciente. Además, con este dispositivo también se pueden reducir tiempos de espera en centros de salud lo que ayudaría a que más personas sean atendidas de forma óptima.

Otra de las ventajas que se obtienen de esta tecnología es que con ayuda de las telecomunicaciones se pueden implementar mejoras para realizar consultas a distancia de modo que pacientes que tengan complejos de movilidad no tengan la necesidad de salir de sus casas o dirigirse a centros de salud lejanos a su comunidad.

Capítulo II

Marco teórico

2.1 Fundamentos teóricos

2.1.1 La auscultación pulmonar

2.1.1.1 Antecedentes de la auscultación pulmonar

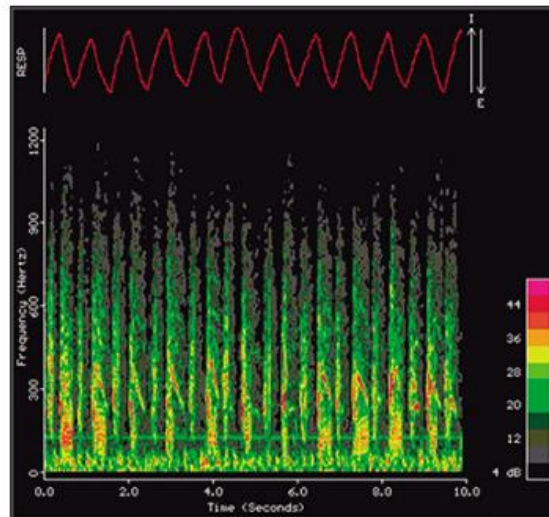
La auscultación de los pulmones como parte del examen físico del tórax se considera útil desde la época de Hipócrates, pero no fue hasta que el médico francés René Laennec describió el uso del instrumento y la clasificación de los ruidos respiratorios que se convirtió en un método diagnóstico. técnica. Mejorará el proceso de diagnóstico.

200 años después, la terminología de la auscultación pulmonar ha cambiado, ya que ha sido traducida a diferentes idiomas y evaluada por su rendimiento diagnóstico, pero sigue siendo el pilar del proceso de diagnóstico. La auscultación de los pulmones permite evaluar el ruido del flujo de aire en las vías respiratorias en frecuencias y amplitudes específicas, junto con otros elementos clínicos del examen físico. Su utilidad radica en que es una tecnología fácil de usar que proporciona información inmediata y dinámica. La desventaja es que es una técnica subjetiva y está influenciada por el ruido del paciente y ambiental. El rendimiento de esta tecnología ha sido cuestionado por el escaso acuerdo entre evaluadores ante un mismo hallazgo auscultatorio, aunque, también existe evidencia de buena concordancia en la auscultación de ruidos selectos como sucede entre distintos profesionales que se evalúan con grabaciones o videos.

Debido a la estandarización actual, el análisis computarizado de los ruidos respiratorios puede proporcionar objetividad en el análisis de los ruidos respiratorios. Esta tecnología permite una caracterización más precisa de la señal dividiéndola en diferentes frecuencias, permitiendo un análisis más objetivo del ruido respiratorio (Ilustración 3 y 4); sin embargo, la auscultación con dispositivos electrónicos aún no

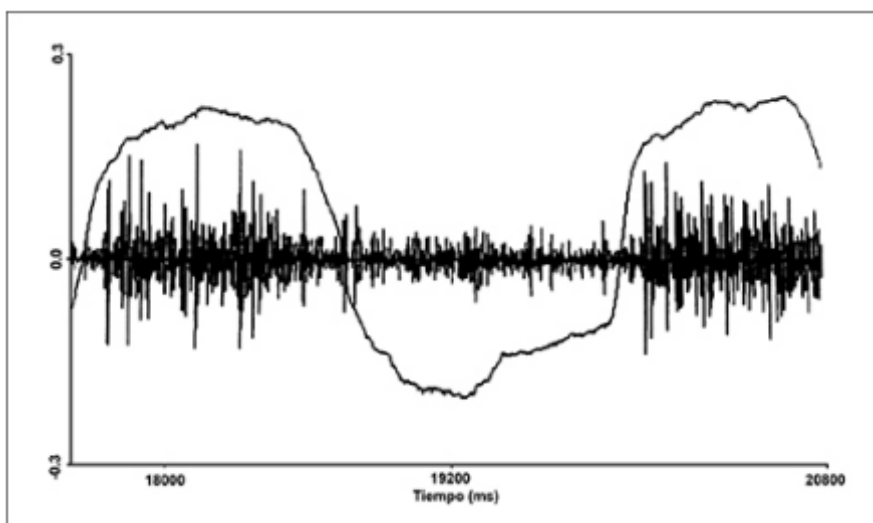
puede filtrar las perturbaciones que interfieren con las señales digitales. El análisis se puede utilizar inmediatamente para el diagnóstico clínico.

Ilustración 3. Señales del ruido Respiratorio



Fuente: (Pablo N, 2020)

Ilustración 4. Análisis de señales del ruido respiratorio



Fuente: (Pablo N, 2020)

2.1.1.2 ¿Qué es la auscultación?

La auscultación consiste en escuchar los sonidos emitidos por el cuerpo. Algunos de ellos, como el habla, se pueden escuchar con normalidad, pero la mayoría requiere usar un estetoscopio para aumentar su intensidad por ejemplo la respiración.

Otra forma de ver la auscultación es como una técnica médica que permite evaluar los ruidos generados en la vía aérea a través del flujo del aire, que se manifiestan con una frecuencia y una amplitud específica que se complementa con otros elementos clínicos del examen físico. Esta técnica se realiza con un estetoscopio y se utiliza para escuchar los sonidos producidos por las estructuras de los pulmones durante la respiración.

Durante la auscultación pulmonar, se pueden escuchar ruidos respiratorios normales, como el murmullo vesicular, y ruidos respiratorios anormales, como crepitantes, roncus, sibilancias, estridor y frote pleural. La auscultación pulmonar es una técnica subjetiva que se ve influenciada por la colaboración del paciente y por el ruido ambiental.

Para una correcta auscultación pulmonar se deben tener en cuenta una serie de principios generales que se aplican a cualquier tipo de auscultación; se debe hacer el análisis en un lugar silencioso, libre de ruido y distracción. En caso del uso del estetoscopio se debe colocar directamente sobre la piel ya si se hace sobre la ropa puede alterar el sonido. A la hora de escuchar la respiración también hay que contemplar las características del sonido como la intensidad, el tono, la duración y la calidad de la respiración, todos estos son datos a tener en cuenta a la hora de hacer un análisis más profundo de lo que el paciente pueda padecer.

2.1.1.3 ¿Cómo se evalúa la respiración en un paciente?

Las respiraciones se cuentan y puntúan durante la prueba. Observe cómo el pecho del paciente se expande y contrae y con qué facilidad respira. Para determinar la frecuencia de la respiración, cuente el número de ciclos respiratorios (inhalaciones y exhalaciones) que ocurren en 1 minuto. Para los bebés, el ascenso y descenso del estómago al respirar es útil para contar. Además, determine la regularidad y el ritmo de su patrón de respiración. Evalúe la profundidad de la respiración y observe si el paciente utiliza músculos adicionales para respirar.

2.1.2 Métodos para la inspección de la respiración

2.1.2.1 Espirometría

La espirometría consiste en medir qué cantidad de aire es capaz de inhalar y exhalar una persona en un tiempo determinado de manera forzada, para esta prueba el paciente depende de las características de su sistema respiratorio, es decir depende de las propiedades elásticas de sus pulmones, del tórax y del calibre de sus bronquios. Este método es uno de los más accesibles y reproducible si se trata de evaluar mecánica de la respiración. En el modelo de la Ilustración 5 se aprecia un ejemplo del ejercicio.

Ilustración 5. Ejercicio de Espirometría



Fuente: (Infosalus, 2020)

La técnica de la espirometría es un gran método para medir la obstrucción bronquial, esto hace que sea muy útil para diagnosticar y detectar varias enfermedades respiratorias, como pueden ser el “EPOC” que es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el asma, bronquitis entre otras. La espirometría también ayuda en el estudio de estímulos que inducen obstrucción bronquial o la respuesta a broncodilatadores, estas pruebas son utilizadas para monitorear la exposición de las personas a sustancias o ambientes que afecten el funcionamiento de sus pulmones, evaluar riesgos quirúrgicos y detectar alguna anomalía a tiempo.

2.1.2.2 Pletismografía corporal

La pletismografía corporal es considerado un estándar de referencia en la medición de volumen pulmonar absoluto, este método consiste en medir la cantidad de aire que hay en el pecho del paciente ya sea que las vías respiratorias estén en contacto o no, como aire atrapado en el enfisema pulmonar.

Ilustración 6. Gabinete para la Pletismografía Corporal



Fuente: (Fricke, 2021)

Tener datos sobre las medidas del volumen pulmonar es fundamental en casos especiales cuando se solicita un diagnóstico fisiológico correcto, una herramienta para llevar a cabo esta medición es el Gabinete de Pletismografía corporal que se muestra en la Ilustración 6.

Existen condiciones que incluyen:

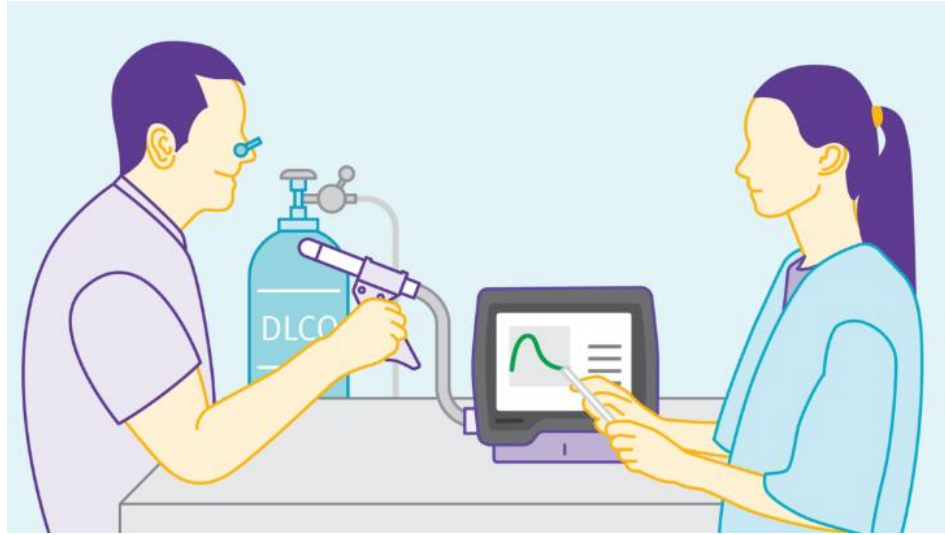
- 1) Medición de gas atrapado o aire atrapado
- 2) Diagnóstico cambios restrictivos
- 3) Diagnóstico de cambios mixtos (obstructivos y restrictivos)
- 4) Evaluación de riesgo quirúrgico
- 5) Evaluación de incapacidad laboral
- 6) Cuantificación de espacios no ventilados (se requiere medición con dilución de helio).

2.1.2.3 Difusión pulmonar de monóxido de carbono con respiración única

El monóxido de carbono pulmonar difuso o con sus siglas en ingles "DLCO" consiste en hacer una prueba de gases que examina como se mueve el oxígeno desde el gas alveolar hasta la unión con la hemoglobina de los glóbulos rojos en la sangre (Ilustración 7). Para que todo lo mencionado antes funcione el oxígeno debe atravesar varias capas o paredes de nuestro, por ejemplo, primero debe cruzar las paredes alveolares, después las paredes capilares, después el plasma, por ultimo las membranas de los glóbulos rojos para por fin adherirse a la hemoglobina. El oxígeno que puede transferirse desde el gas alveolar a la hemoglobina se determina mediante 3 factores principales.

1. El área de la membrana capilar alveolar
2. El espesor de la membrana capilar alveolar
3. El gradiente de presión de oxígeno entre el gas alveolar y la sangre venosa.

Ilustración 7. Prueba de difusión pulmonar



Fuente: (Michael H, 2021)

La prueba del examen monóxido de carbono pulmonar difuso es adecuado para pacientes que necesitan un análisis médico sobre el intercambio de gases en reposo, aunque este análisis es mejor para enfermedades afectan directamente en la mecánica pulmonar como la enfermedad intersticial del pulmón o la circulación pulmonar.

2.1.2.4 Gasometría arterial y oximetría de pulso

Estas pruebas se realizan con una muestra de sangre (Ilustración 8). La prueba de gasometría arterial o "GA" consiste en el análisis simultaneo de diferentes aspectos fisiológicos como lo son; el estado de oxigenación, el estado ácido-base y la ventilación alveolar. Estos 3 factores están muy relacionados entre ellos lo que hace que dependan de la respuesta integral de diferentes sistemas como el sistema renal, cardiovascular, sanguíneo y principalmente el sistema respiratorio.

Ilustración 8. Prueba de Gasometría Arterial



Fuente: (David S, 2022)

Los oxímetros de pulso se utilizan para estimar tendencias en lugar de valores absolutos, pero los cálculos realizados con estos dispositivos suelen ser muy precisos. Para saturaciones superiores al 90%, los cambios registrados fueron de aprox. 2,5%, mientras que para saturaciones inferiores al 90% era casi 4%. Dado que se desconocen la precisión y exactitud del instrumento por debajo del 70% de saturación (aparte de la extrapolación), las mediciones por debajo de estos números generalmente no son confiables.

2.1.2.5 Caminata de seis minutos

Existen también métodos de análisis pulmonar en donde no se requiere un equipo tan sofisticado y con el simple hecho de hacer un ejercicio es posible evaluar el estado pulmonar. La caminata de 6 minutos es un método para medir la distancia que el paciente puede caminar y que tan rápido puede hacerlo, este ejercicio se suele hacer en una caminadora. Este análisis permite analizar y medir el estado de los pulmones de los pacientes con diversas enfermedades respiratorias, ocasionalmente puede usarse para predecir alguna muerte ocasionada por una

enfermedad terminal. A pesar de que la distancia recorrida es la medida principal en este tipo de exámenes pulmonares, también se consideran otros 2 valores que son el estado de oxigenación u oximetría de pulso, y la disnea que el paciente presenta a lo largo de la caminata.

2.1.2.6 Prueba de reto con ejercicio

Este método se encarga de analizar la respuesta bronquial al ejercicio. Una persona sana al momento de ejercitarse no tiene algún tipo de obstrucción bronquial, sin embargo, los pacientes con algún problema respiratorio como el asma, pueden broncoconstricción cuando hacen algún ejercicio. Lo que sustenta este análisis es que al ejercitarse hay un aumento de demandas metabólicas lo que provoca la pérdida de líquidos en el epitelio bronquial y hace que se seque y enfríe el aire. Este aire frío y seco provoca la liberación de leucotrienos e histamina, estas son sustancias que se involucran en la obstrucción bronquial.

Esta prueba se puede realizar de diferentes maneras, el más común es que el paciente ande en la caminadora de este modo se puede analizar el ritmo del paciente usando diferentes velocidades o inclinaciones, también se utiliza una bicicleta estática. El análisis debe llevar a cabo en ambientes controlados para tener una mejor precisión de datos, usualmente el paciente debe estar a temperaturas entre los 20 y 25 °C y con una humedad de 50% o menor. Para la prueba el paciente debe utilizar unas pinzas nasales y respirar por la boca, esto se hace porque al respirar por la nariz la pérdida de agua es menor y el aire inalado se calienta. Esta prueba se realiza con un tiempo máximo de 8 minutos, empezando con velocidades bajas y aumentando progresivamente la intensidad.

2.1.2.7 Prueba cardiopulmonar de ejercicio

Esta prueba ayudar a examinar el intercambio de gases entre las células y el medio ambiente en momentos donde el paciente experimenta una mayor demanda metabólica, siendo puesto a prueba en ejercicios, comúnmente en bicicletas estáticas especializadas donde se puede controlar la resistencia de pedaleo. Este análisis puede evaluar al mismo tiempo la capacidad del sistema cardiovascular y respiratorio. Esta prueba lleva un protocolo incremental, es decir, la resistencia al pedaleo aumenta progresivamente, el paciente es el que decide cuando detenerse ya sea por cansancio o por disnea. Hay casos en donde el medico es el que decide cuando detener la prueba, aunque el paciente diga que puede continuar, ya sea porque el paciente presenta síntomas como, mareos, dolor precordial, o algún trastorno del ritmo cariato.

Existe otra forma en la que los médicos realizan la prueba cardiopulmonar, que es el de carga constante, aquí se le pide al paciente que realice ejercicios de una misma intensidad a como le sea posible, esta prueba es incremental, normalmente entre el 70% y 80% de su capacidad máxima. Esta prueba toma en cuenta la cantidad de tiempo que el paciente realizó el ejercicio bajo una misma carga de trabajo, esto abre paso al análisis de la respuesta de los tratamientos farmacológicos y a estrategias de rehabilitación.

La prueba cardiopulmonar de ejercicio permite:

- 1) Analizar de manera integral la respuesta al ejercicio
- 2) Medir objetivamente la capacidad de ejercicio
- 3) Evaluar la reserva funcional de los sistemas implicados en el ejercicio
- 4) Identificar los mecanismos que limitan la tolerancia al ejercicio
- 5) Conocer el grado de limitación al ejercicio con fines de dictaminar incapacidad o impedimento

- 6) Establecer índices pronósticos (incluyendo riesgo operatorio)
- 7) Planear programas de rehabilitación respiratoria
- 8) Evaluar la progresión de la enfermedad y la respuesta a diversas intervenciones terapéuticas.

Tras múltiples pruebas en pacientes en reposo que padezcan disnea con el método de la prueba cardiopulmonar de ejercicio no se ha identificado la causa de ese síntoma, esto sustenta que este método logra determinar patrones de limitación en ejercicio, limitación cardiovascular y respiratoria. Todo esto hace que la prueba cardiopulmonar de ejercicio sea de utilidad para diagnosticar diferentes enfermedades cardiopulmonares.

2.1.3 Enfermedades respiratorias y sus síntomas:

EPOC:

- Tos (A veces con esputo)
- Problemas para respirar
- Sibilancias
- Fatiga

Asma:

- Dificultad para respirar
- Tos durante la noche o temprano por la mañana
- Sibilancias
- Opresión en el pecho

Existe algo llamado fibrosis pulmonar el cual es una extraña condición anormal que se caracteriza por crear una cicatrización en el tejido pulmonar provocando que los mismos pulmones tengan una disminución gradual y que el daño sea irreparable.

Neumonía:

- Fatiga
- Mareos
- Tos con flema
- Desorden mental
- Fiebre con temblores o escalofríos
- Vómito o diarrea
- Dolor en el pecho al respirar o toser
- Fiebre, transpiración y escalofríos con temblor
- Dificultad para respirar

Cáncer pulmonar:

- Tos persistente o que empeora
- Dolor de pecho
- Dificultad para respirar
- Tos con sangre
- Sensación de cansancio todo el tiempo
- Pérdida de peso sin causa conocida

Covid-19:

- Fiebre o escalofríos
- Tos
- Dificultad para respirar
- Fatiga
- Dolores musculares y caporales

- Dolor de cabeza
- Pérdida reciente del olfato o gusto
- Dolor de garganta
- Congestión o moqueo
- Náuseas o vómitos
- Diarrea

Las afectaciones mencionadas anteriormente podrían ser disminuidas con la implementación de la tecnología para solventar las necesidades de diagnóstico médico, es decir, incorporar un sistema de adquisición de información que monitoree el estado de los pacientes con enfermedades crónicas o altamente contagiosas y permita al médico especialistas realizar un diagnóstico no presencial, pudiendo realizar recomendaciones más rápidas y acertadas debido a que los tiempos de diagnóstico y consulta disminuirían.

2.1.4 Tasa de mortalidad:

EPOC: 27.3 por cada 100,000 habitantes en México

Asma: 14.5 por cada 100,000 habitantes en México

Fibrosis pulmonar: 61.2 por cada millón de hombres

Neumonía: 69.15 por cada 100,000 habitantes

Cáncer pulmonar: 6733 muertes registradas en el año 2020 en México

Covid-19: más de 200 mil muertes y alrededor de 150 mil defunciones reflejadas en el exceso de mortalidad en otras enfermedades.

En 2020, la tasa de mortalidad por enfermedades respiratorias a nivel nacional fue de 75.46 por cada 100 mil habitantes.

Durante 2021 ocurrieron 1098301 defunciones registradas en este año de las cuales las principales causas de muerte fueron el COVID-19, enfermedades del corazón y diabetes mellitus

La cantidad de personas las cuales llegan a tener problemas asociados a este tipo de enfermedades niños como adultos los cuales se fueron agravando debido a la enfermedad reciente COVID-19, esto nos lleva a algunos de los síntomas de varias de estas enfermedades como son la respiración, esta se toma cada vez que se realiza la auscultación pulmonar la cual, es esencial en el examen físico para el diagnóstico de las enfermedades respiratorias.

Esto nos lleva a realizar algo capaz de capturar los sonidos que reproduce nuestro cuerpo en distintos tipos de lugares para tener mejor precepción de ellos, debido a que queremos que sea lo más cómodo posible debido a estas enfermedades está planeado no ser invasivo y capaz de guardar estos sonidos en la mayor calidad posible para su posterior reproducción en cualquier momento y en cualquier lugar.

2.1.5 Softwares de modelado 3D

2.1.5.1 SolidWorks

SolidWorks es una herramienta tipo software de diseño asistido por computadora utilizado en diversas áreas de la ingeniería para crear, diseñar y modelar piezas en 3D. Este software ofrece una gran variedad de herramientas que simulan situaciones en las que las piezas o modelos pueden ser sometidos como a cargas de compresión, se pueden simular torciones, simular la aerodinámica de los objetos entre muchas otras herramientas.

2.1.5.2 SOLIDWORKS en el proceso de desarrollo del producto

SolidWorks tiene como principal labor dar soluciones que ayuden en la aceleración de procesos de diseño disminuyendo gastos y ahorrando tiempo, así como innovar con sus productos. A diferencia de otras marcas u otros softwares que ofrecen productos donde llevan un proceso secuencial, es decir, debes primero terminar las etapas anteriores para poder conseguir soluciones, SolidWorks hace que puedas ver soluciones sin necesidad de terminar fases anteriores, esto lo hace porque puedes trabajar con procesos en paralelo y no de manera secuencial, obteniendo así mejores resultados, ahorrando tiempo y esfuerzo.

2.1.5.3 Soluciones

SolidWorks cuenta con diversas soluciones muy intuitivas para cada una de las etapas de dibujo y diseño, ofrece una gran variedad de herramientas que permiten ser más eficaces a la hora de desarrollar modelos 3D en cualquiera de sus etapas de diseño.

Las soluciones que SolidWorks ofrece son 5:

1. Herramientas de simulación para evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible
2. Herramientas que evalúan el impacto medioambiental del diseño durante su ciclo de vida.
3. Herramientas de diseño para crear modelos y ensamblajes
4. Herramientas que reutilizan los datos de CAD en 3D para simplificar el modo en que las empresas crean, conservan y utilizan contenidos para la comunicación técnica.

5. Herramientas de diseño para la fabricación mecánica, que automatiza documentos de inspección y genera documentación sin planos 2D.

2.1.5.4 Blender

Blender es un software de modelado 3D, animación y dibujo en el que la creatividad es el único límite. Blender es un software muy utilizado en el mundo de la animación digital, cuenta con una gran diversidad de herramientas que permiten al autor crear hasta el más mínimo detalle en sus obras. Al ser un programa gratuito y ofrecer un sinfín de posibilidades es muy reconocido en muchos estudios grandes y pequeños del arte digital.

Blender también cuenta con la principal característica de ser multiplataforma, es decir, puede ser instalado en equipos con Linux, Windows, macOS, etc. Además, los requisitos de memoria, procesador y almacenamientos son muy bajos a comparación de otros softwares profesionales, que exigen una cantidad muy grande principalmente de memoria de video y por último, pero no menos importante de sus características es que su interfaz es "OpenGL" lo que hace que pueda dar una experiencia muy variada y concisa en diversas plataformas de hardware y software compatibles.

2.1.6 El estetoscopio

2.1.6.2 ¿Qué es un Estetoscopio?

El estetoscopio es una herramienta en el área de medicina que utilizan los médicos para un proceso llamado "auscultación" que consiste en escuchar los sonidos que provienen del interior del cuerpo humano, como por ejemplo, los latidos del corazón, la respiración pulmonar y en algunos casos los sonidos de los intestinos o el estómago.

2.1.6.2 Partes de un estetoscopio

Abajo en la Ilustración 9 que se encuentra en la página 39 podemos observar cada una de las partes del estetoscopio que se describirán a continuación:

2.1.6.2.1 Olivas:

(1) Las olivas son las bolitas de goma que solemos ver por ejemplo en los audífonos, estas tienen el propósito de ajustar cómodamente los tubos del estetoscopio en los oídos y al mismo tiempo aislar el oído del ruido externo.

2.1.6.2.2 Tubo auditivos y muelle:

(2) Los tubos auditivos están conectados con el muelle el cual está hecho a modo de que su ángulo de apertura sea anatómicamente adecuado para que los tubos se mantengan firmes al momento de que el medico se los coloque.

2.1.6.2.3 Tubo flexible o maguera:

(3) El tubo flexible o manguera es el encargado de transmitir los sonidos desde la campana del estetoscopio hasta las olivas, estas mangueras están hechas de materiales que conserven el sonido en su interior y al mismo tiempo flexible y resistentes para que el medico pueda maniobrar más cómoda y eficazmente.

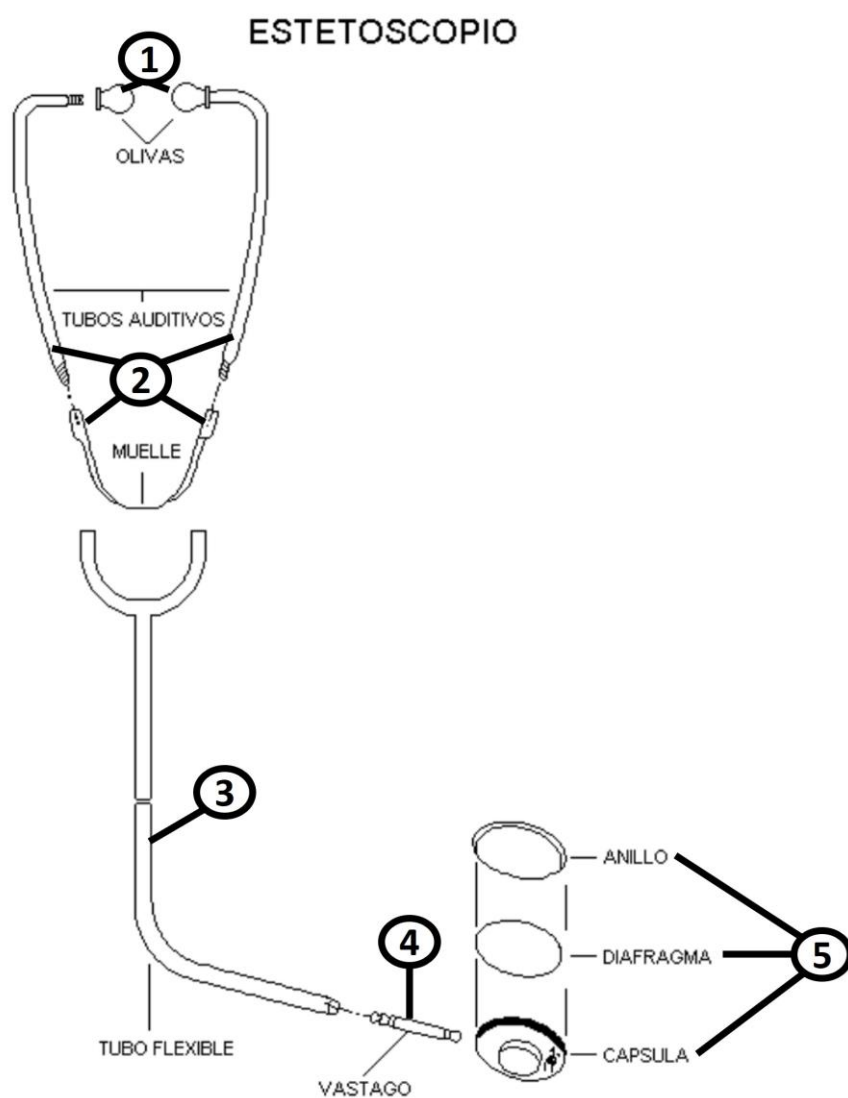
2.1.6.2.4 Vástago:

(4) El vástago es un elemento simple, su única función es la de unir la campana del estetoscopio con la manguera.

2.1.6.2.4 Campana:

(5) La campana está compuesta por el diafragma el anillo y la capsula; el diafragma es una membrana plástica hecha más comúnmente de silicona, el anillo se encarga de mantener la membrana adherida a la cápsula, esta última tiene la forma similar a la de un cono esto le permite crear un aislamiento vacío en su interior para poder percibir mejor las ondas vibratorias del diafragma y así poder transmitir el sonido al esto del estetoscopio.

Ilustración 9. Estetoscopio



Fuente: (Secretaría de Gobernación, 1996, 1 de julio)

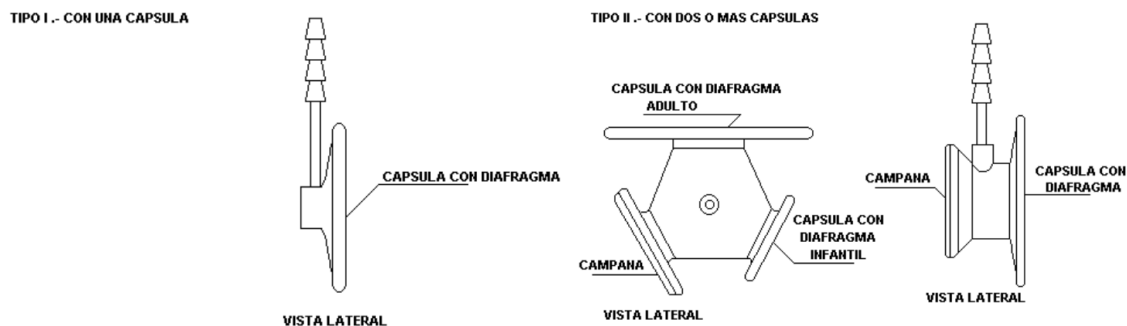
2.1.7 Campana, diafragma y capsula

Diferencias entre el diafragma y la campana en un estetoscopio, en la ilustración 10 se muestran las diferentes formas de una campana y una capsula

Diafragma: es la parte del estetoscopio que se usa para escuchar sonidos de alta frecuencia como por ejemplo los latidos del corazón.

Campana: es la parte del estetoscopio similar a un cono que a diferencia del diafragma este se usa para escuchar los sonidos de baja frecuencia como por ejemplo la respiración pulmonar.

Ilustración 10. Campana, Diafragma y capsula



Fuente: (Medical Solutions, 2023)

2.1.8 Material de los diafragmas

La mayoría de los diafragmas son hechos a base de silicona, y con un grosor muy pequeño, algunas marcas como "Jan Huei" utilizan un estándar de grosor menor a 0.5mm, aunque en algunos casos este valor varía dependiendo la marca y las especificaciones que los médicos requieran. Por lo general el material del que está hecho el diafragma debe ser muy resistente y al mismo tiempo debe ser delgado, esta membrana plástica es hecha mediante procesos de compresión.

Capitulo III

Desarrollo y metodología

3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

3.1.1 Cronograma de actividades:

Tabla 1. Cronograma de Actividades

Actividades	JUN	JUL	JUL	AGO	AGO	SEP	OCT	OCT	NOV
	19-20	5-6	26-27	1-2	29-31	27-29	11-13	27-31	22-24
Investigación sobre la Auscultación pulmonar									
Investigar los puntos críticos donde se escucha mejor la respiración pulmonar									
Especificar los puntos críticos donde se escuche mejor la respiración pulmones									
Comparación y acuerdo de los puntos críticos									
Diseño de la caja torácica en un modelado 3D (Blender)									
Diseño del chaleco en un modelo 3D (Blender)									
Interpretación de resultados									
Correcciones y ajustes de los modelos 3D									
Entrega del prototipo del chaleco									

Fuente: Autoría Propia

De acuerdo con las actividades propuestas en el cronograma, lo primero que se tiene que hacer es investigar acerca de la problemática que queremos resolver, en este

caso, al tratarse de problemas relacionados a la respiración pulmonar se deben tratar temas como las enfermedades respiratorias junto con sus características, tratamientos y métodos de diagnósticos, las diversas herramientas e instrumentos utilizados por médicos especializados para el análisis de los pulmones y temas como la auscultación pulmonar en donde dentro de este podemos obtener información relevante como los puntos críticos del pecho y la espalda para escuchar y obtener las señales de la respiración de los pulmones.

Una vez que se haya recabado la información necesaria se procederá a analizar los diferentes puntos estratégicos que usan los médicos para escuchar la respiración pulmonar, cuáles son los mejores para recopilar datos con los sensores de audio, después se establecerán los puntos críticos en un boceto de un chaleco los cuales serán los puntos donde se colocarán los sensores.

Cuando se hayan definido por completo los puntos críticos, y el tipo de sensor que se va a usar entonces se elaborará el diseño en CAD del chaleco, las dimensiones del mismo serán definidas en base a una proporción de una persona promedio. El software donde se hará el modelado del torax y del chaleco será en "Blender" ya que este es un software libre, y para el diseño de las piezas que se requieran para el circuito serán hechas en el Software de SolidWorks.

Después de que los modelos hayan sido aprobados se empezará a elaborarlos de forma física, se reunirán los materiales propuestos y se armará el prototipo junto con los sensores y demás accesorios necesarios para su funcionamiento.

Ya que el chaleco haya sido terminado se implementará la parte del circuito eléctrico que es la encargada de la recolección de datos con ayuda de los sensores, una vez que esté listo se podrá a prueba para hacer correcciones de diseño si es que son requeridas, caso contrario se entregarán los resultados para su evaluación

3.2 Alcance y enfoque de la investigación

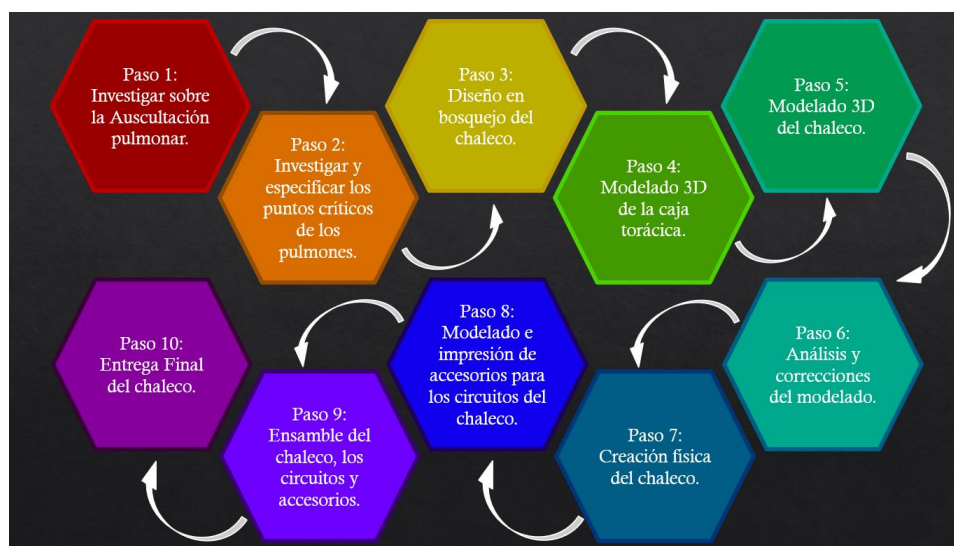
El impacto del proyecto está orientado al sector salud, principalmente en la adquisición y valoración de parámetros médicos en el área de Neumología, así como, en el registro del historial respiratorio de pacientes con problemas y/o enfermedades respiratorias crónicas o graves, de igual forma el sistema podría evolucionar en un sistema de monitoreo continuo y de uso diario por los pacientes.

3.3 Hipótesis

Un sistema de adquisición de señales acústicas para el muestreo de audio pulmonar y respiratorio puede ser una alternativa al proceso de auscultación pulmonar para personas con enfermedades crónicas imposibilitadas para hacer los ejercicios respiratorios en consultorio médico.

3.4 Diseño y metodología de la investigación

Ilustración 11. Diagrama de Actividades.



Fuente: Autoría Propia

3.4.1 Investigar sobre la Auscultación pulmonar

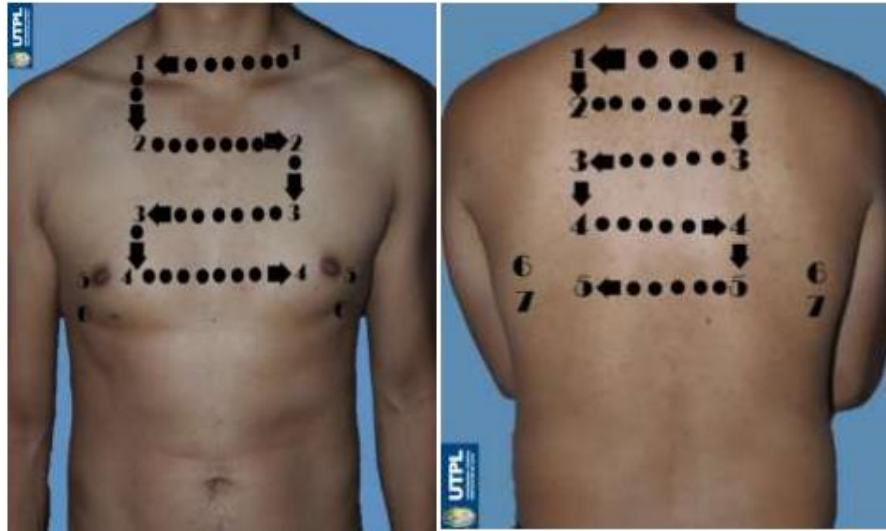
De acuerdo al diagrama de actividades que se ve en la Ilustración 9, lo primero que se debe realizar es una profunda investigación sobre los tipos de enfermedades respiratorias que existen en México y cuáles son las que tienen un índice más elevado, del mismo modo se deben investigar los instrumentos que se utilizan en el área médica para la inspección de la respiración y los pulmones.

Teniendo en cuenta los datos recopilados, se deben analizar las diferentes formas en las que los médicos estudian el comportamiento de los pulmones y analizan los problemas de los pulmones.

3.4.2 Investigar y especificar los puntos críticos de los pulmones

Después de un profundo análisis e investigación sobre la auscultación pulmonar se deben especificar en base a información oficial, los puntos críticos, los cuales son las zonas del pecho y la espalda en donde existe una mejor captura de datos sobre los pulmones. Estos puntos en un principio se escogieron en base a declaraciones de médicos especializados en Neumología quienes afirmaban que eran los lugares óptimos para escuchar, y analizar el sistema respiratorio de un paciente, tal y como es el caso de los médicos el Dr. Fernando Espinosa H y el Dr. Diego Gómez C, quienes son partícipes de la Guía Didáctica Para el Taller de Semiología Respiratoria en donde explican cómo hacer un análisis de Auscultación pulmonar siguiendo un camino de puntos específicos en el pecho y espalda del paciente, lo que los Doctores buscan conseguir es poder valorar la calidad y amplitud de los sonidos de la respiración para identificar alguna alteración que indique un problema en su sistema respiratorio, abajo en la Ilustración 12 se pueden apreciar los puntos dichos anteriormente.

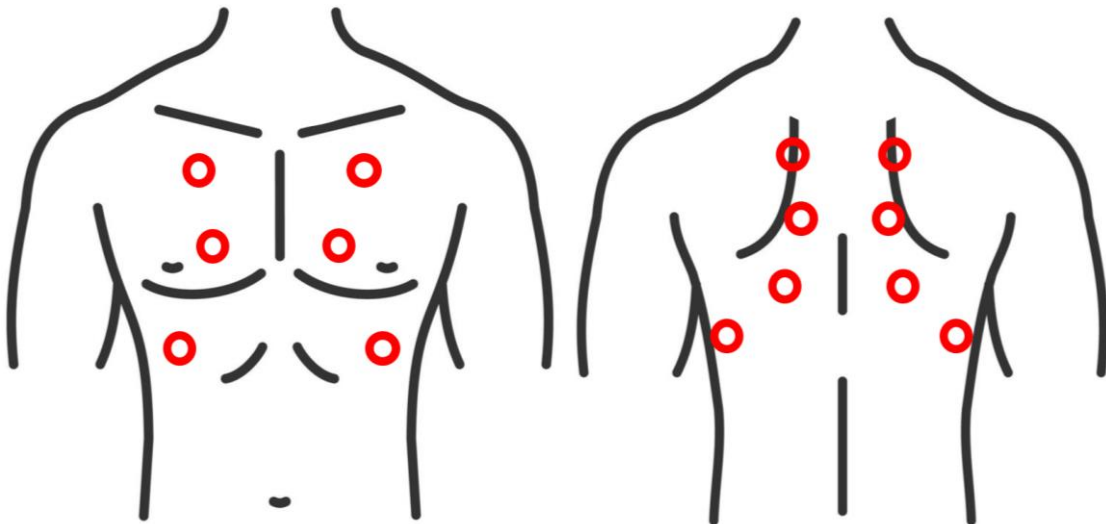
Ilustración 12. Guía de la Auscultación Pulmonar



Fuente: (Fernando E, GUÍA DIDÁCTICA PARA EL TALLER: SEMIOLOGÍA RESPIRATORIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, 2013, p. 8)

En base a esta información fue que se declararon los puntos críticos del pecho y la espalda como se muestra en los dibujos de abajo en la Ilustración 13.

Ilustración 13. Puntos críticos

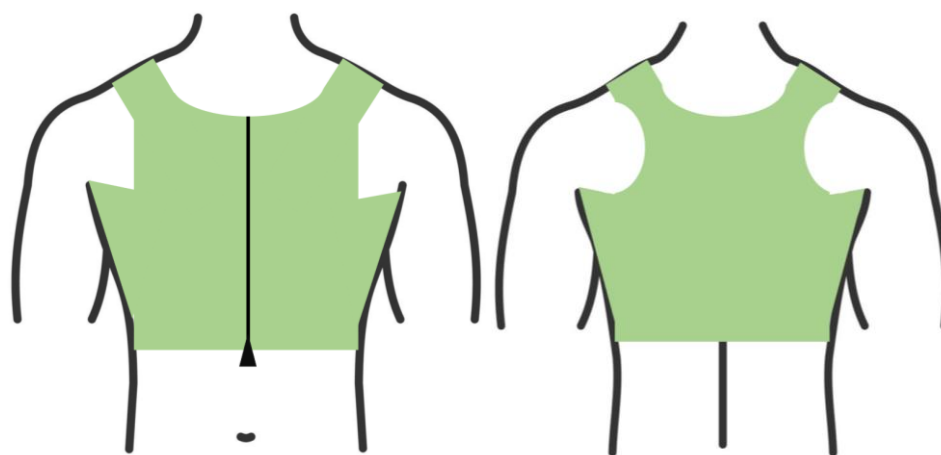


Fuente: Autoría Propia

3.4.3 Diseño en bosquejo del chaleco

Cuando los puntos críticos hayan sido definidos se procede a elaborar un diseño tipo boceto de un chaleco, las proporciones serán en base a una persona promedio. Utilizando las imágenes del paso anterior se realiza el dibujo del boceto del chaleco como se muestra en la Ilustración 14.

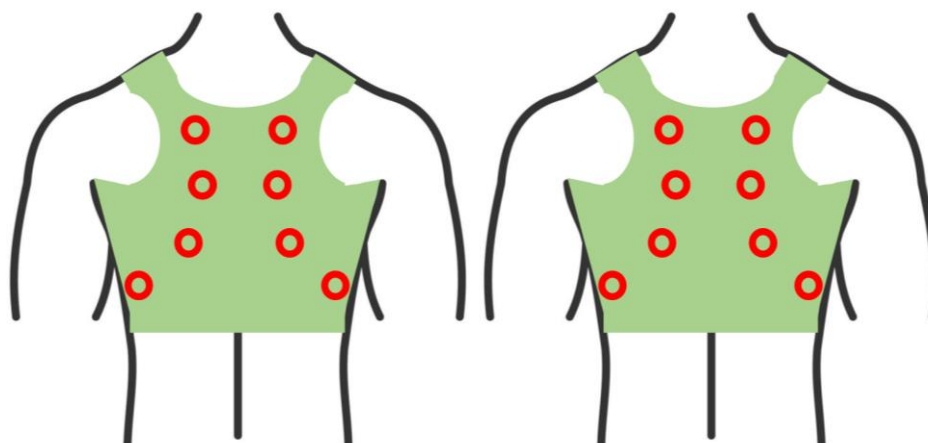
Ilustración 14. Boceto del chaleco



Fuente: Autoría Propia.

Para los puntos críticos del chaleco, solo se siguen representando encima del mismo como se muestra en la Ilustración 15.

Ilustración 15. Puntos Críticos en el Chaleco



Fuente: Autoría Propia

3.4.4 Modelado 3D de la caja torácica

Una vez que el boceto haya quedado listo se pasará a realizar un modelo 3D más completo en el software Blender 3.5V, lo primero que se debe tomar en cuenta es la caja torácica, para ello se contemplan dimensiones de una persona de peso y estatura promedio, con Blender existen muchas herramientas para modelar un cuerpo, ya sea por extrusión, moldeado o por el proceso de esculpir la pieza, en este caso se realizó mediante el proceso de extrusión, y para darle una forma más definida se utilizaron herramientas de moldeado dando como resultado el cuerpo que se muestra en la Ilustración 16.

Ilustración 16. Diseño 3D de la Caja Torácica



Fuente: Autoría Propia, diseñado en Blender

3.4.5 Modelado 3D del chaleco

Después de modelar la caja torácica se elaborará el chaleco en 3D en base al modelo anterior, esto para tener una referencia más clara de los detalles y la localización de los puntos críticos, es decir, de las zonas donde irán los sensores. Al igual que el anterior se utilizaron herramientas de extrusión y modelado para un mejor ajuste y moldeado al cuerpo tal como se muestra en la Ilustración 17.

Ilustración 17. Diseño 3D del chaleco



Fuente: Autoría Propia, diseñado en Blender

3.4.6 Análisis y correcciones del modelado

Cuando los modelados queden listos se presentarán ante el asesor para una revisión y ajustes.

3.4.7 Creación física del chaleco

Si los modelados y el diseño del chaleco ya no tienen errores es momento de pasar a realizarlos en físico, para ello se necesitarán los materiales y herramientas necesarias, lo que sí es muy importante a tener en cuenta en este aspecto es utilizar una tela que se pueda amoldar al cuerpo y que además sea lo más silenciosa posible cuando el paciente este en movimiento. Como se dijo anteriormente, las dimensiones a utilizar son en base a la talla de una persona promedio. En este caso para realizar pruebas con el chaleco físico se requiere de un sujeto de pruebas con quien se pueda analizar mejor los puntos críticos y comprobar que sean lo más óptimos para una recopilación de datos más eficiente y un audio más claro, tomando

lo anterior en cuenta me usaré a mi como sujeto de pruebas, esto para tener mayor disponibilidad en cuanto a correcciones de medidas o correcciones en los puntos críticos. Se utiliza mi talla para sacar las dimensiones correspondientes del chaleco a modo de que quede ajustado al cuerpo para que los sensores estén lo más pegados posibles a los pulmones.

Se compró una tela deportivo techno la cual es una tela con propiedades elásticas lo que ayuda a que se ajuste al cuerpo sin necesidad de resortes o algún tipo de seguros, además la tela tiene muy poca fricción con otras telas o con la piel de las personas lo que ayuda a que no genere mucho ruido que altere las señales y el audio obtenido por los sensores.

Ya con la tela disponible se procede a trazar las medidas ya obtenidas anteriormente, con ayuda de una máquina de coser, aguja e hilo se procede a hacer las costuras necesarias para darle forma al chaleco (Ilustración 18).

Ilustración 18. Equipo de costura



Fuente: Autoría Propia

Durante el proceso surgieron cambios necesarios para que el chaleco quedara lo más ajustado posible al cuerpo sin provocar incomodidad y sin reducir la movilidad del individuo. En la Ilustración 19 se puede apreciar el chaleco.

Ilustración 19. Chaleco

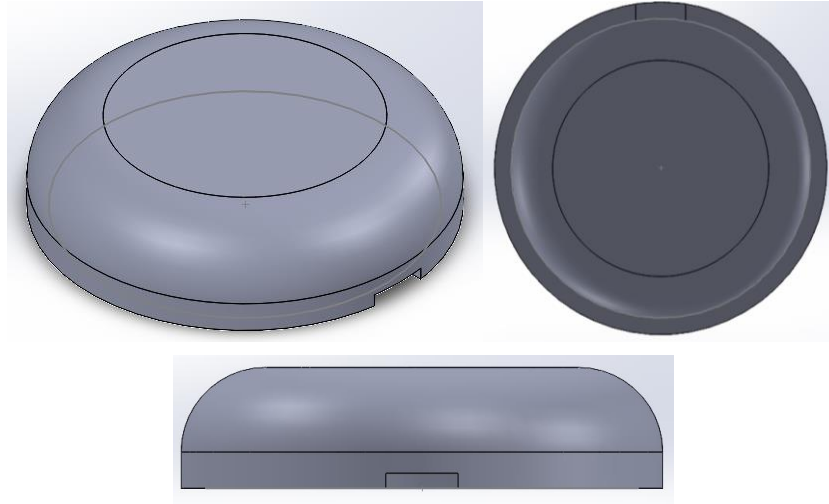


Fuente: Autoría Propia

3.4.8 Modelado e impresión de accesorios para los circuitos del chaleco

Uno de los factores a tener en cuenta es que los sensores que se encargarán de la recolección de datos este bien asegurados en los puntos críticos del chaleco es por eso que también se deben diseñar, modelar e imprimir unos accesorios en donde estos sensores puedan ser colocados sin mayor complicación, estos accesorios irán en el chaleco en los puntos críticos. Para el diseño de estos accesorios se toma la forma parecida de una semiesfera hueca, esto con el fin de que los sensores puedan ser colocados dentro y se aíse el sonido de la respiración a modo de que se pueda capturar una señal con la mejor calidad posible. Abajo en la Ilustración 20 se muestra el diseño de estas tapas para los sensores.

Ilustración 20. Tapas para los sensores



Fuente: Autoría Propia, diseñado en SolidWorks

3.4.9 Ensamble del chaleco, los circuitos y accesorios

Ya que se tengan todas las piezas y accesorios listos será momento de armar todo el prototipo, colocar los sensores en las cubiertas, las cubiertas en el chaleco y conectar todos los circuitos para posteriormente hacer las pruebas y correcciones necesarias para su completo funcionamiento. En la Ilustración 21 se muestra un pequeño ejemplo.

Ilustración 21. Chaleco con circuitos y accesorios



Fuente: Autoría Propia

3.4.10 Entrega Final del chaleco

Después de verificar que la recolección de datos es funcional y que las señales son legibles se procede a entregar el prototipo al asesor para que se realicen las retroalimentaciones y observaciones necesarias que puedan mejorar el prototipo y añadir algunas nuevas funciones.

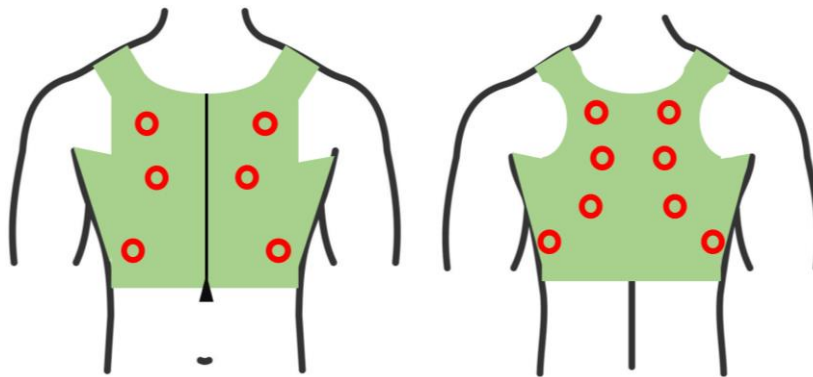
Capitulo IV

Resultados

4.1 Resultados

La primera etapa del proyecto que se realizó fue el diseño en boceto del chaleco y sus puntos críticos tal y como se muestran en la Ilustración 22 en donde se puede apreciar un dibujo digital de la propuesta del diseño del chaleco.

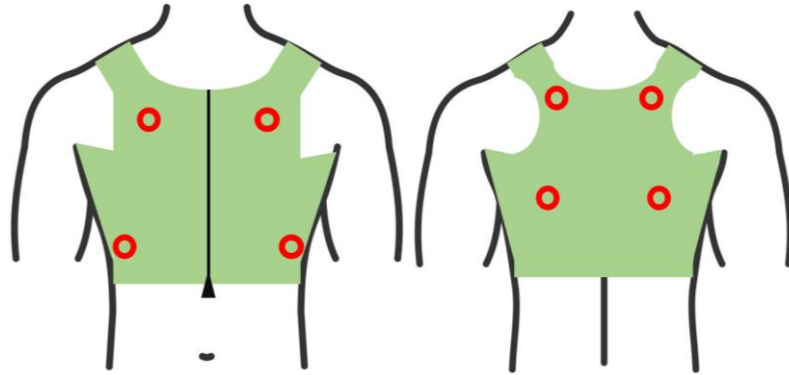
Ilustración 22. Primer boceto y planteamiento de los puntos críticos



Fuente: Autoría propia

Tras solicitar el material necesario se pidieron la cantidad de 16 sensores acústicos (loudness sensor v0.9b), pero no se nos autorizó dicha cantidad, teniendo solo a disposición 10 sensores. Debido a la reducción de material se optó por reducir la cantidad de sensores en el chaleco y utilizar únicamente 8 de ellos, reduciendo también los puntos críticos del mismo chaleco, estos se muestran en la Ilustración 23.

Ilustración 23. Segunda propuesta de los puntos críticos

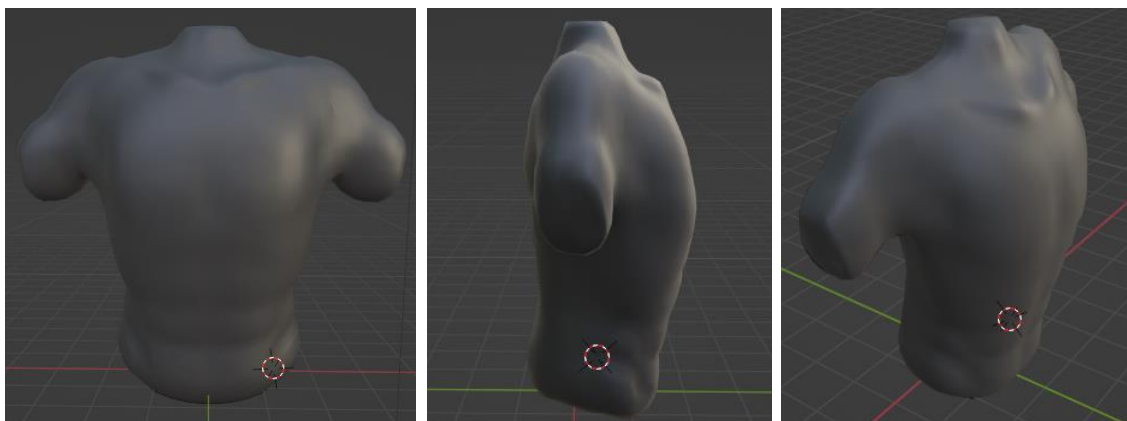


Fuente: Autoría Propia

Estos puntos críticos se toman en cuenta haciendo pruebas con el sensor hasta obtener un audio estable y lo mejor audible posible.

Después de tener los puntos críticos establecidos, lo que sigue es que el modelo 3D este bien, las proporciones de la caja torácica se basan en las medidas de una persona promedio en este aspecto no se realizaron cambios, manteniendo el modelo estable como se muestra en la Ilustración 24.

Ilustración 24. Diseño 3D de la Caja Torácica



Fuente: Autoría Propia, diseñado en Blender

Ya que el modelo de la caja torácica es terminado lo que sigue es el modelado 3D del chaleco, en este no hubo muchos cambios, fueron minúsculos, y el producto final es como el que se muestra en la Ilustración 25.

Ilustración 25. Diseño 3D del Chaleco



Fuente: Autoría Propia, diseñado en Blender

Para la creación física del chaleco se hizo un primer prototipo, pero hubo un problema al momento de trazar las dimensiones que ocasionó que el chaleco saliera pequeño, después se realizaron bien las medidas en la tela considerando ese margen de error y el resultado fue un chaleco (Ilustración 26) con las dimensiones necesarias para que se amoldara y ajustara al cuerpo del individuo de pruebas.

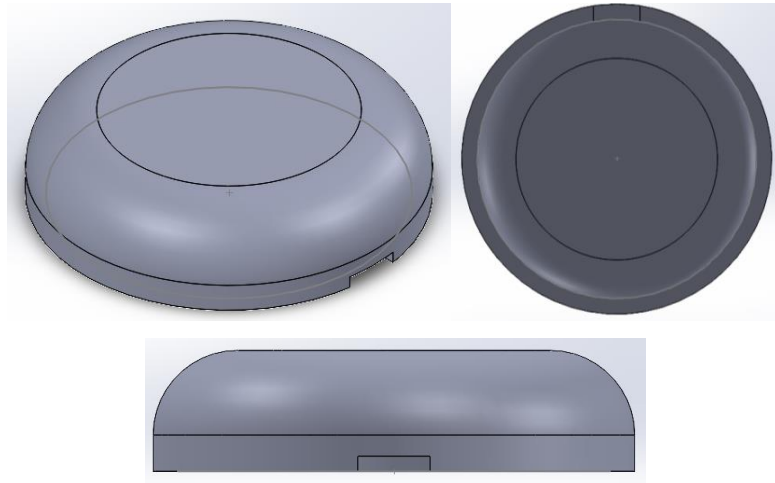
Ilustración 26. Primer prototipo del chaleco



Fuente: Autoría Propia

Para la parte del modelado de las campanas de los sensores se hizo un primer diseño (Ilustración 27) en el cual los sensores acústicos irían dentro para encerrar el audio que se tomara del cuerpo del individuo.

Ilustración 27. Primer Intento de las campanas de los sensores

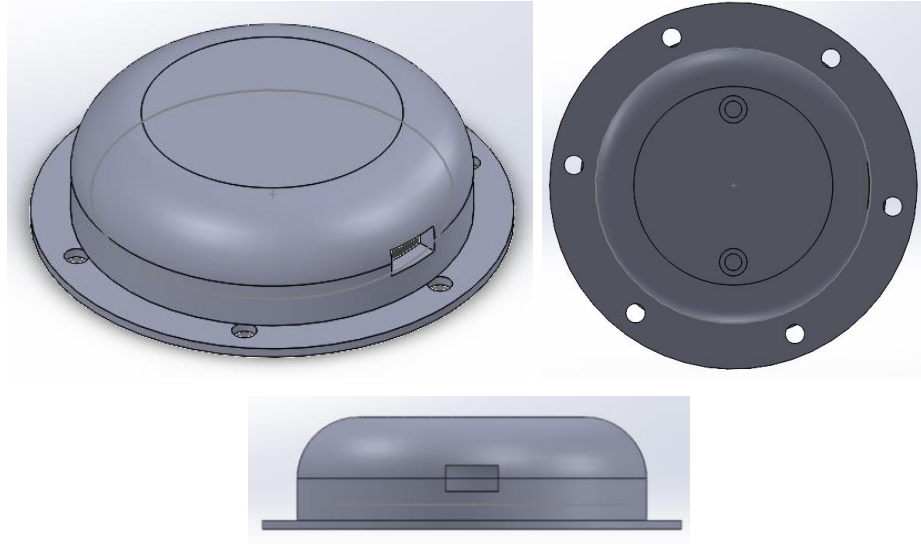


Fuente: Autoría Propia, diseñado en SolidWorks

Posteriormente, tras la impresión de una pieza y realizar las pruebas correspondientes resultó ser complicado fijar el sensor y además no había una forma óptima de colocar la campana en el chaleco sin que esta no se moviera ya que el movimiento afecta en el audio por la fricción de los componentes y la tela con el individuo.

Tomando lo anterior en cuenta se hizo un segundo diseño de campana como el que se muestra en la Ilustración 28.

Ilustración 28. Segundo Intento de las campanas de los sensores

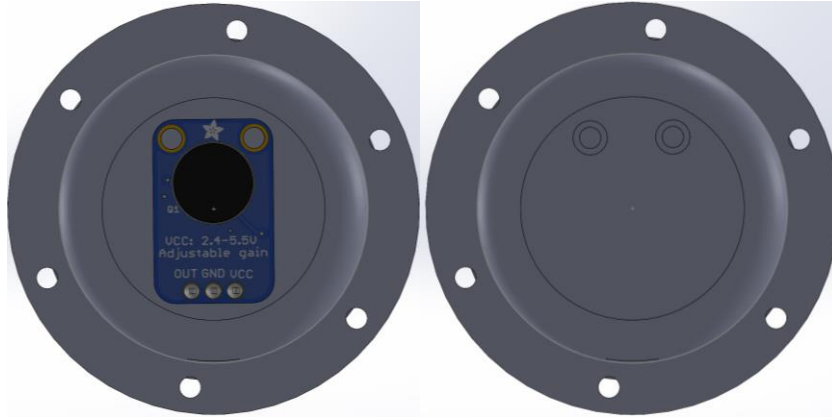


Fuente: Autoría Propia, diseñado en SolidWorks

Este segundo diseño toma en cuenta los orificios del módulo para colocar tornillos que mantengan fijo el sensor a la campana, también se amplió el orificio por donde pasarían los cables que alimentarían al sensor, y por último se hizo una especie de borde en el contorno de la campana con pequeños agujeros para adherir con costura la campana al chaleco para que esta quede fija y no hay fricción por el rose de los componentes.

Tras varios intentos por obtener un buen audio con el Loudness Sensor y no conseguir un resultado satisfactorio se optó por utilizar un módulo de audio, el Max4466 ya que este cuenta con un amplificador integrado. Al hacer este cambio de modulo también fue necesario el cambio del diseño de campana, recreando el mismo concepto y solo cambiando la posición de los orificios para poder sostener firmemente el módulo a la campana tal y como se muestra en la ilustración 29.

Ilustración 29. Tercera propuesta de la campana



Fuente: Autoría Propia, diseñado en SolidWorks

El módulo junto con el diseño de la campana proporciona una señal más clara y con poco ruido, pero el audio de la respiración se mantiene un poco débil aún, es por eso que para complementar más el diseño se decidió colocar una membrana plástica como las que usan los auténticos estetoscopios.

La primera idea de la membrana era usar acetato ya que es un plástico rígido y delgado, pero el audio obtenido no era el apropiado, entonces pasamos a usar una membrana real, siendo más precisos, conseguimos un repuesto de membrana como el que se muestra en la ilustración 30, y el resultado no decepcionó, el audio tenía una mejor percepción, fue más fácil identificar el audio de la respiración pulmonar.

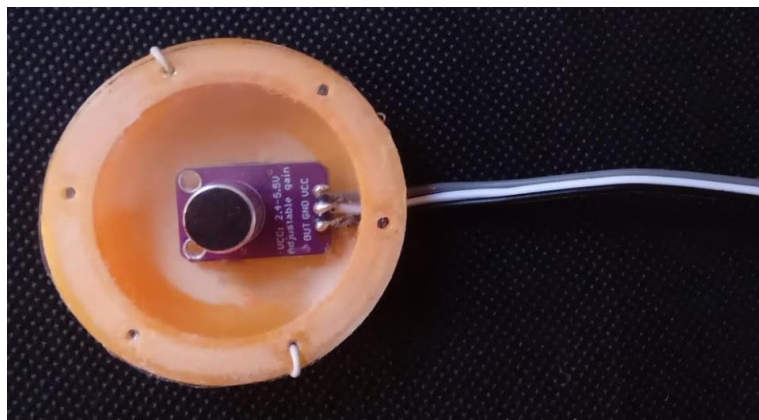
Ilustración 30. Membrana de la marca Lurrose



Fuente: (Lurrose, 2023)

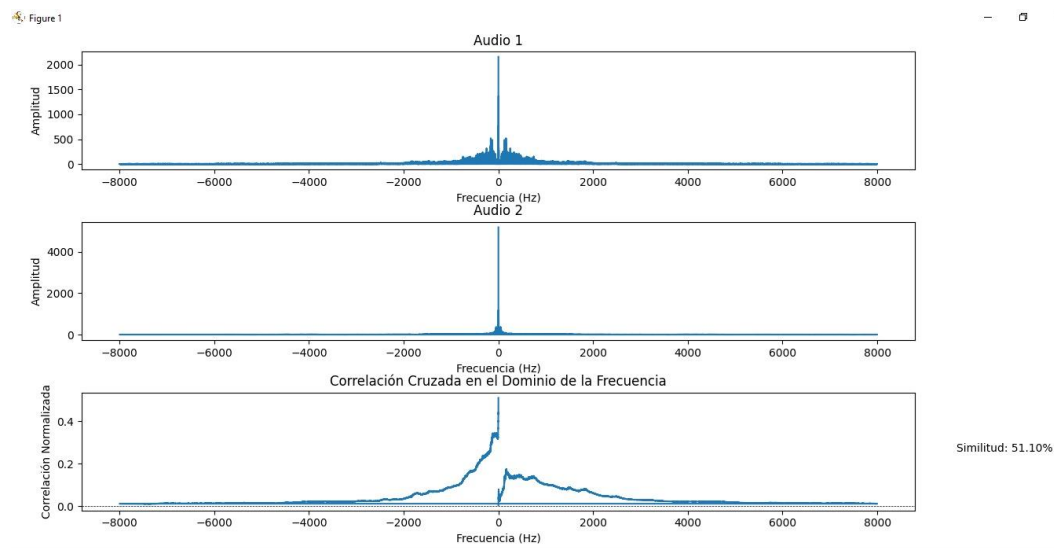
Al tener ya muestras claras de audio, es momento de verificar que los puntos críticos propuestos con anticipación son los más adecuados para la evaluación de la respiración pulmonar, se colocaron dos sensores (como el de la ilustración 31) en dos puntos críticos del pecho para hacer una correlación cruzada de señales y así poder verificar que son similares y que cumplen con el propósito de detectar la respiración pulmonar de diferentes puntos del pecho, la prueba de la correlación de señales se puede visualizar en la ilustración 32.

Ilustración 31. prototipo de la campana con el sensor de audio.



Fuente: Autoría propia.

Ilustración 32. Correlación de dos microfonos en diferentes puntos críticos



Fuente: Autoría propia.

Capitulo V

Conclusiones

5.1 Conclusiones del proyecto, recomendaciones y experiencia profesional y personal adquirida

Después de varias pruebas y ajustes se puede concluir que el chaleco cumple con su función de recopilar señales acústicas de diferentes puntos de la caja torácica de un individuo sin que este requiera hacer un máximo esfuerzo, es decir, la persona puede simplemente respirar a como lo hace habitualmente y el chaleco se encargará de recopilar los datos.

Los sensores utilizados (loudness sensor v0.9b) fueron colocados dentro de unas medias esperas impresas en 3D que simulaban la campana de un estetoscopio esto con el fin de que la señal de audio captada por los sensores pueda ser de mayor intensidad y además de evitar ruidos externos como la fricción de la tela con el cuerpo, también hay que recordar que se escogió la tela con las mejores características para este proyecto como por ejemplo, que el ruido generado por fricción sea lo menos posible para que los sensores no captaran sonidos indeseados, y también con la característica de que sea cómoda y se amolde al cuerpo para que las campanas puedan estar en las mejores zonas para escuchar los pulmones trabajando.

5.2 Conclusiones relativas a los objetivos específicos

En cuanto a los puntos críticos propuestos para obtener las señales acústicas se utilizó información en base a médicos especializados en neumología y que practicaban la auscultación pulmonar, estos médicos señalaban diferentes puntos a través del pecho y la espalda en donde hacían la inspección de los pacientes para escuchar su respiración y así determinar si se encuentran en buen estado.

Tomando esta información en cuenta en un principio se propusieron más de 10 puntos críticos o zonas para recabar audio de los sensores, con el tiempo estos

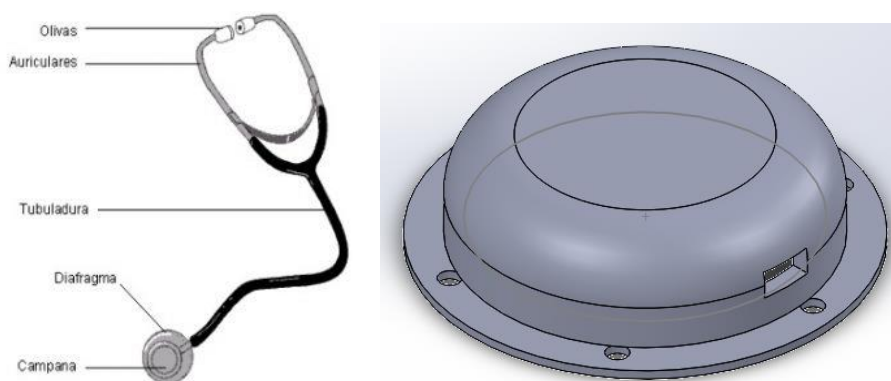
fueron disminuyendo ya que no se nos fueron patrocinados suficientes sensores, así que se escogieron los más óptimos y solo se redujeron a 4 por sección, es decir, 4 en el pecho y 4 en la espalda.

Como se ha mencionado antes a lo largo de este documento, se diseñó una capa protectora para los sensores, los cuales cumplen con 3 propósitos:

El primero de ellos es el de cubrir y aislar el sensor de la tela del chaleco para evitar posibles daños, así mismo también cumple con el propósito de aislar al sensor de cualquier ruido externo ya sea por fricción de la tela del chaleco o cualquier otro ruido.

El segundo se basa en el diseño de esta capa protectora ya que tiene un diseño similar al de las campanas de los estetoscopios como se muestra en la ilustración 33, esto es para que las señales acuáticas de los pulmones puedan ser de mayor intensidad para que al sensor pueda obtener una mejor señal.

Ilustración 33. Comparación de una campana de un microscopio y el diseño propuesto



Fuente: (SEISEME S.A, 2021)

El tercer propósito es el de adherir bien la campana a la tela del chaleco, si se presta atención en la orilla del diseño propuesto en la Ilustración 34 podemos apreciar 6 orificios que se extienden a través de todo el contorno, estos orificios sirven para coger la campana al chaleco y que este mantenga su posición sin importar el movimiento por parte del individuo que lo utilice.

Ilustración 34. Campana del sensor



Fuente: Autoría Propia, diseñado en SolidWorks

5.3 Conclusiones relativas al objetivo general

En cuanto al objetivo principal de este proyecto, el chaleco si cumple con su función de adquirir, registrar y procesar señales electroacústicas, también cumple su parte de ser no invasivo para la persona que lo use, con esto de no invasivo se refiere al hecho de que la persona no pierda movilidad o comodidad al utilizarlo.

Ya que esta idea está pensada para ser utilizada en personas de mayor edad se optó por hacerlo “no invasivo” esto es porque las personas mayores muchas veces no tienen la capacidad motriz para realizar ciertos ejercicios de respiración que indiquen los médicos, también hay casos en los que el simple hecho de mantener la respiración puede ser complicado para ellos. Otra de las dificultades que puede haber a la hora de hacer un chequeo médico en un paciente de la tercera edad es el transportar a ese paciente, existen personas las cuales ya no cuentan con la fuerza necesaria para trasladarse de un lugar a otro y aunque puedan ser desplazados con ayuda de terceros muchas de las veces los pacientes se sienten incómodos o les resulta muy cansado o frustrante, es por eso que el chaleco cumple con la función de ser un sistema no invasivo, ya que es fácil de colocar y también fácil de utilizar,

el paciente solo debe respirar con normalidad y los sensores se encargarán de recaudar los datos necesarios para el médico.

5.4 Limitaciones del modelo planteado

Debido a la inaccesibilidad a pruebas con personas de la tercera edad, se opta por hacer pruebas con personas de edad promedio.

Debido a que este prototipo solo va a recolectar y mostrar datos, no está destinado a hacer diagnósticos, ya que no contamos con los conocimientos necesarios de neumología, eso le corresponde a un especialista.

La complejión será para una persona de entre 40 a 60 años.

El prototipo está destinado para una talla mediana masculina.

5.5 Recomendaciones

Tras haber realizado varias pruebas, cambiando de lugar los puntos críticos, ajustando más el chaleco y cambiando el diseño de la campana, las señales captadas por los sensores no son las mejores, existe ruido que puede ser causado por diferentes fuentes, se recomienda realizar diferentes ajustes para tener una mejor recepción de datos, por ejemplo:

Cambiar el sensor acústico a uno de mejor calidad.

Utilizar una tela más silenciosa y que al mismo tiempo se acople mejor al cuerpo.

Si lo requiere, cambiar el diseño del chaleco a uno que utilice alguna clase de seguros o un sistema de faja para fijar más firmemente las campanas.

utilizar una membrana plástica similar al de las campanas de los estetoscopios, para captar una mejor señal y adherir la campana a la piel del paciente.

Capítulo VI

Competencias desarrolladas

6.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas

- Mediante la investigación y la práctica se mejoraron habilidades en el área de electrónica.
- Con la ayuda de entornos de programación como Pycharm se desarrollaron habilidades con propósitos de interpretación y manejo de señales electroacústicas.
- Se mejoraron habilidades de diseño en el software SolidWorks tras realizar cambios y modificaciones en las propuestas de las campanas.
- Utilizar nuevos softwares de diseño 3D como Blender ayudó a obtener nuevas habilidades de diseño y dibujo asistido por computadora, así como el modelado de cuerpos diferentes a los empleados con anterioridad en la carrera.
- Investigar y recopilar información del funcionamiento de herramientas e instrumentos ya existentes en el área médica ayudó al alumno a conocer diversas aplicaciones de la electrónica y la mecánica en entornos más profesionales y complejos.
- Tras prueba y error el alumno obtuvo conocimientos de nuevos componentes electrónicos como los módulos y los sensores de audio, así como los filtros y los rectificadores de señales.
- Desarrollo de nuevas habilidades como son el uso de herramientas de costura, como máquinas de costura en el proceso de desarrollo del chaleco en físico.
- Con la participación de otros compañeros en diferentes áreas bajo el mismo proyecto integrador se mejoraron las habilidades de comunicación para crear un buen ambiente de trabajo.

Capítulo VII - Fuentes de Información

7.1 Fuentes de Información

Bibliografía

- Blender. (29 de 11 de 2023). *Blender*. Obtenido de Blender: https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting_started/about/introduction.html
- Calamo y Cran. (s.f.). *Calamo y Cran*. Obtenido de Calamo y Cran: <https://www.calamoycran.com/blog/que-es-cinema-4d/>
- Claudia Vargas-Domínguez, L. G.-R.-U.-G.-P.-B. (2011). Pruebas de función respiratoria, ¿cuál y a quién? *Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, 17.
- Corralo, D. S. (21 de Septiembre de 2022). *Web Consultas*. Obtenido de Web Consultas: <https://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/gasometria-12830>
- Fricke, H. (25 de Febrero de 2021). *Youtube*. Obtenido de Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=95bb4RXv_5M
- H., D. F. (2013). GUÍA DIDÁCTICA PARA EL TALLER: SEMIOLOGÍA RESPIRATORIA. Loja, UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, Ecuador.
- Hess, M. (3 de Junio de 2021). *Medical Technologies*. Obtenido de Medical Technologies: <https://nddmed.com/es/blog/series-de-formacion-como-realizar-una-prueba-de-dlco> Michael Hess
- Honorata Hafke-Dys, A. B. (12 de Agosto de 2019). *Plos One*. Obtenido de Plos One: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0220606>
- Infosalus. (14 de Octubre de 2020). *Infosalus*. Obtenido de Infosalus: <https://www.infosalus.com/asistencia/noticia-experto-demanda-espirometria-edades-tempranas-detectar-precocemente-alteraciones-desarrollo-pulmonar-20201014144338.html>
- Instituto Tecnológico Superior de Teziutlan. (2023). *Instituto Tecnológico Superior de Teziutlan*. Obtenido de Instituto Tecnológico Superior de Teziutlan: <https://teziutlan.tecnm.mx/index.php/antecedentes-historicos/>
- Jan Huei K.H. Industry Co. (2023). *Jan Huei*. Obtenido de Jan Huei: <https://www.jan-huei.com/es/product/silicone-diaphragm-of-stethoscope.html#:~:text=La%20membrana%20del%20estetoscopio%20es,tacto%20y%20reduce%20las%20alergias.>
- Kineed. (s.f.). *Kineed*. Obtenido de Kineed: <https://www.kineed.org/kinesiologia-oficial/kinesiologia-respiratoria/ruidos-respiratorios/>

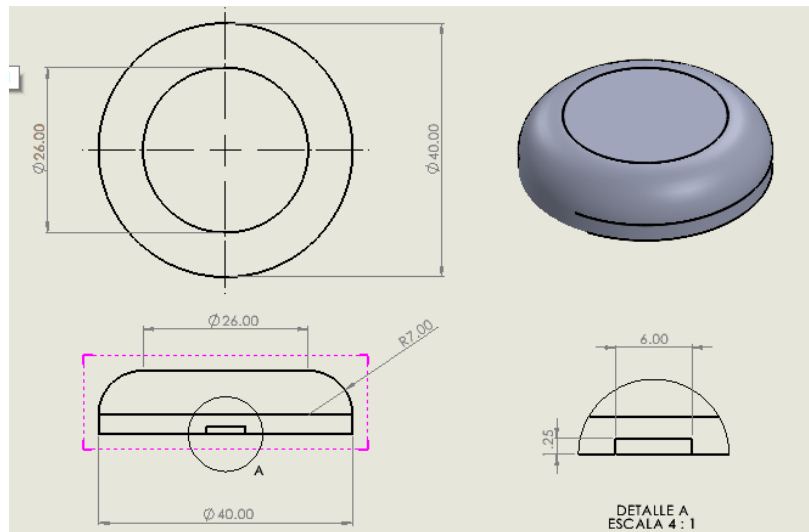
- Lurrose. (02 de Agosto de 2023). *Amazon*. Obtenido de Amazon:
https://www.amazon.com.mx/Lurrose-Accesorios-Estetoscopio-Auriculares-Diafragma/dp/B0CDJG3Y67/ref=sr_1_4?crid=14EO9YDV2PY64&keywords=membrana+de+estetoscopio&qid=1707347370&prefix=membrana+de+%2Caps%2C600&sr=8-4&ufe=app_do%3Aamzn1.fos.4e545b5e-1d45-498b-
- Medical Solutions. (2023). *Medical Solutions*. Obtenido de Medical Solutions: <https://medical-solutions.com.mx/6069-2/>
- N, P. (08 de Marzo de 2020). *SciELO*. Obtenido de SciELO:
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062020000400500
- Secretaría de Gobernación. (1996, 1 de julio). *NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SSA1-1994, Que establece las especificaciones sanitarias de los estetoscopios*. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación. Obtenido de <http://www.issste-cmn20n.gob.mx/Datos/Normas/27NOM.pdf>
- SEISEME. (2021). *SEISEME*. Obtenido de SEISEME: <https://seiseme.com/que-es-un-estetoscopio/>
- SOLIDBI. (s.f.). *SOLIDBI*. Obtenido de SOLIDBI: <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Tecnológico Superior de Teziutlan . (s.f.). *TEC de Teziutlán (ITST)*. Obtenido de TEC de Teziutlán (ITST): <https://teziutlan.tecnm.mx/index.php/estructura-organica/>
- Toulouselautrec. (18 de Noviembre de 2021). *Toulouselautrec*. Obtenido de Toulouselautrec: <https://www.toulouselautrec.edu.pe/blogs/que-es-3d-max>
- Uniat. (9 de Diciembre de 2016). *Uniat*. Obtenido de Uniat: <https://uniat.com/zbrush/>
- U-Tad. (22 de Noviembre de 2022). *U-Tad*. Obtenido de U-Tad: <https://u-tad.com/autodesk-maya-el-software-de-modelado-3d-que-debes-conocer/#:~:text=¿Para%20qué%20sirve%20Maya%3F,escenarios%2C%20así%20como%20efectos%20especiales.>

Capítulo VIII - Anexos

8.1 Anexos

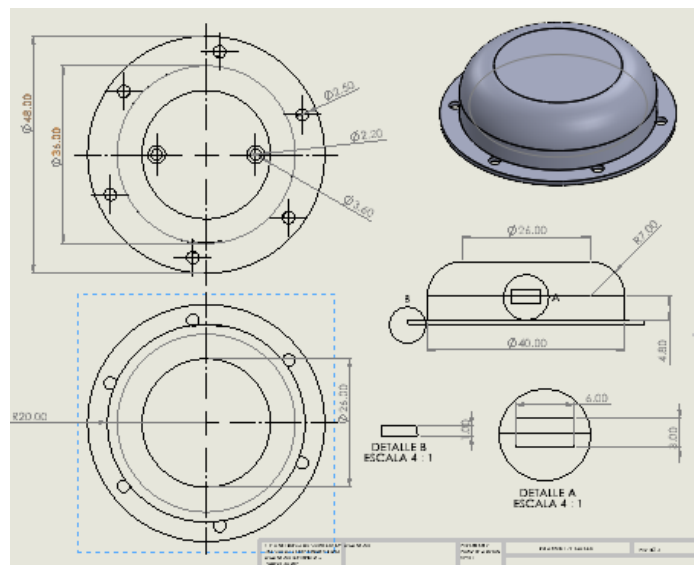
Planos de la primera campaña:

Ilustración 35. Dibujo en CAD de la Primera campana



Fuente: Autoría Propia, dibujo hecho en SolidWorks

Ilustración 36. Dibujo en CAD de la Segunda campana



Fuente: Autoría Propia, dibujo hecho en SolidWorks

Ilustración 37. Dictamen

EDUCACIÓN **TECNOLOGÍAS** **GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA** **Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán**

Asunto: **Asignación de Asesor(a), Comisión Revisora, Entrega de Trabajo Profesional y Dictamen**

Teziutlán, Puebla, 03/enero/2024

Asesor(a): **GABRIEL ANGEL RAMIREZ VICENTE**
Integrante de Comisión Revisora: **LUIS MANUEL GARCIA MARTINEZ**
Integrante de Comisión Revisora: **MONICA ADRIANA ANASTACIO MENDOZA**
Presentes

Por este medio me permito informar que ha sido asignado como asesor(a) y comisión revisora del trabajo profesional que se convertirá en Tesis de:

Alumno(a): **GIRON CERVANTES EDUARDO**
Apellido paterno/materno/hombre (s)

Número de Control: **19TE0401** **Licenciatura o Posgrado:** **INGENIERIA MECATRONICA**

Plan: **2010** **Correo Electrónico:** **L19TE0401@TEZIUTLAN.TECNM.MX**

Cuyo tema es: **DESARROLLO DE SISTEMA DE ADQUISICION DE SEÑALES ELECTROACUSTICAS PARA EL MONITOREO DEL APARATO RESPIRATORIO**

25 palabras (máximo)

Se ha enviado a su correo institucional el trabajo profesional o de grado, por lo cual la comisión revisora tendrá 5 días hábiles para realizar las observaciones al alumnado, el(la) interesado(a) tendrá igualmente **5 días** para corregir y las enviará al correo electrónico institucional de la comisión revisora, agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de licenciatura o de posgrado de nuestro alumnado egresado.

Dictamen de Comisión Revisora, Aprobación de Impresión o Grabación y Autorización para subirla al Repositorio del TecNM

Siendo el día: 20 de febrero de 2024 se reunieron los miembros de la comisión para revisar el trabajo asignado y una vez analizado se decidió liberarlo y aprobarlo para su grabación y programación de examen profesional.

GABRIEL ANGEL RAMIREZ VICENTE
Nombre y Firma del(a) Asesor(a)

MONICA ADRIANA ANASTACIO MENDOZA
Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

LUIS MANUEL GARCIA MARTINEZ
Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

MYRIAM SANCHEZ PEREZ
Subdirección Académica

GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA
S.E.P.
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

R08/06/2023
Folio:10

F-SAC-18

TEC de Teziutlán **100% PLASTIC** **PUEBLA**

Fracción I y II s/n Aire Libre, Teziutlán, Puebla, C.P. 73960 Tels. 231 311 4000 / 4001 / 4002 / 4003
e-mail: itsteziutlan@hotmail.com | www.teziutlan.tecnm.mx

2024
Felipe Carrillo
PUERTO

Fuente: Proporcionada por el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Ilustración 38. Carta de Autorización, Consulta y Publicación

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe:

	EDUARDO	GIRÓN	CERVANTES
--	----------------	--------------	------------------

Con Número de Control **19TE0401**

Perteneciente al Programa Educativo **INGENIERÍA MECATRÓNICA**

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

DESARROLLO DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES ELECTROACÚSTICAS PARA EL MONITOREO DEL APARATO RESPIRATORIO

Correspondiente al periodo:
AGOSTO-DICIEMBRE 2023

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:
M.S.C GABRIEL ANGEL RAMÍREZ VICENTE

ATENTAMENTE



EDUARDO GIRÓN CERVANTES

Nombre y firma

Fecha de emisión: **23/02/2024**
c.c.p. Subdirección Académica

Fuente: Proporcionada por el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Ilustración 39. Formato de licencia de uso

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Eduardo Girón Cervantes, de nacionalidad Mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en la calle Manlio Fabio Altamirano, Colonia Emiliano Zapata en la ciudad de Martínez de la Torre, Veracruz, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor(a) de la tesis denominada "Desarrollo de sistema de adquisición de señales electroacústicas para el monitoreo del aparato respiratorio" en adelante "LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", a favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrá por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (en red), mensaje de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; por lo tanto, "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" es el(la) único(a), primigenio(a) y perpetuo(a) titular de los derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" manifiesta ser el(la) único(a) titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él(ella), sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el(la) único(a) responsable. Dado en la Ciudad de Teziutlán, Puebla, a los **once** días del mes de **febrero** de dos mil **veinticuatro**.

"EL(LA) AUTOR(A) Y/O
EL(LA) TITULAR",


Eduardo Girón Cervantes
Nombre y Firma

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN"


Arminda Juárez Arroyo
Directora General
Nombre, Firma y Sello

Fuente: Proporcionada por el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Índice de figuras

<i>Ilustración 1. Estructura Orgánica del Tecnológico Superior de Teziutlán</i>	11
<i>Ilustración 2. Ubicación del Tecnológico Superior de Teziutlan</i>	12
<i>Ilustración 3. Señales del ruido Respiratorio</i>	18
<i>Ilustración 4. Análisis de señales del ruido respiratorio</i>	18
<i>Ilustración 5. Ejercicio de Espirometría</i>	20
<i>Ilustración 6. Gabinete para la Pletismografía Corporal</i>	21
<i>Ilustración 7. Prueba de difusión pulmonar</i>	23
<i>Ilustración 8. Prueba de Gasometría Arterial</i>	24
<i>Ilustración 9. Estetoscopio</i>	34
<i>Ilustración 10. Campana, Diafragma y capsula</i>	35
<i>Ilustración 11. Diagrama de Actividades</i>	39
<i>Ilustración 12. Guía de la Auscultación Pulmonar</i>	41
<i>Ilustración 13. Puntos críticos</i>	41
<i>Ilustración 14. Boceto del chaleco</i>	42
<i>Ilustración 15. Puntos Críticos en el Chaleco</i>	42
<i>Ilustración 16. Diseño 3D de la Caja Torácica</i>	43
<i>Ilustración 17. Diseño 3D del Chaleco</i>	44
<i>Ilustración 18. Equipo de costura</i>	45
<i>Ilustración 19. Chaleco</i>	46
<i>Ilustración 20. Tapas para los sensores</i>	47
<i>Ilustración 21. Chaleco con circuitos y accesorios</i>	47
<i>Ilustración 22. Primer boceto y planteamiento de los puntos críticos</i>	50
<i>Ilustración 23. Segunda propuesta de los puntos críticos</i>	51
<i>Ilustración 24. Diseño 3D de la Caja Torácica</i>	51
<i>Ilustración 25. Diseño 3D del Chaleco</i>	52
<i>Ilustración 26. Primer prototipo del chaleco</i>	52

<i>Ilustración 27. Primer Intento de las campanas de los sensores</i>	53
<i>Ilustración 28. Segundo Intento de las campanas de los sensores</i>	54
Ilustración 29. Tercera propuesta de la campana	55
Ilustración 30. Membrana de la marca Lurrose	56
Ilustración 31. prototipo de la campana con el sensor de audio.	56
Ilustración 32. Correlación de dos microfones en diferentes puntos criticos	57
<i>Ilustración 33. Comparación de una campana de un microscopio y el diseño propuesto</i>	60
<i>Ilustración 34. Campana del sensor</i>	61
Ilustración 35. Dibujo en CAD de la Primera campana	69
Ilustración 36. Dibujo en CAD de la Segunda campana	69
Ilustración 37. Dictamen	70
Ilustración 38. Carta de Autorización, Consulta y Publicación	71
Ilustración 39. Formato de licencia de uso	72