



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Diseño e implementación de protocolo de validación de
aplicaciones para el aprendizaje del sistema respiratorio**

Luis Felipe Buitrago Castro

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería – Énfasis Bioingeniería

Ciudad, Colombia



Diseño e implementación de protocolo de validación de aplicaciones para el aprendizaje
del sistema respiratorio

Luis Felipe Buitrago Castro

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar
al título de:

Magister en Ingeniería

Asesores (a):

María Bernarda Salazar Sánchez – Doctora en Ingeniería Electrónica

Línea de Investigación:

Medicina – pedagogía – Desarrollo de aplicaciones móviles

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería – Énfasis Bioingeniería

Ciudad, Colombia

2020.

Resumen

Durante los últimos años, el acelerado desarrollo tecnológico ha empujado a la sociedad a experimentar cambios en su forma de interactuar, a los que no ha sido ajeno el campo de la educación, el cual ha visto como se han ido incorporando cada vez más herramientas tecnológicas que tienen por objetivo proveer espacios didácticos que permitan afianzar y fortalecer las habilidades de los estudiantes. En este contexto, el desarrollo de aplicaciones web para la enseñanza - aprendizaje se ha convertido en foco de investigación de múltiples ramas del conocimiento, llevando a profesionales de diversas áreas del saber a conformar equipos de trabajo interdisciplinarios enfocados en unir esfuerzos para mejorar su desarrollo. Es así como, la ingeniería de requerimientos, se ha convertido en una rama fundamental del desarrollo web, la cual provee información útil para identificar y jerarquizar las necesidades y especificaciones que deben contener estas herramientas.

Por ello, el presente trabajo de investigación, dividido en tres grandes partes, busca proporcionar una serie de herramientas que facilite el diseño y evaluación de aplicaciones para la enseñanza a profesionales en formación vinculados a programas de ciencias de la salud en Colombia. En primer lugar, desde la perspectiva de la ingeniería de requerimientos, se levantan y establecen los requisitos de contenido, pedagógicos, funcionales, no funcionales y de sistema para la construcción de herramientas de esta índole, proponiendo algunas guías centradas particularmente en la elicitación de los tres primeros. Resaltando la inclusión de temáticas que permitan aprendizaje interactivo, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje secuencial y funcionamiento multiplataforma.

En segundo lugar, se diseñó e implementó una estrategia de validación de contenido que, mediante la valoración de juicio de expertos, evaluó la calidad de la herramienta en función de dos dimensiones: teórica y gráfica; proporcionando una metodología para alcanzar una medida de validez en términos de porcentaje a través del uso y análisis de los estadísticos índice de validez de contenido (IVC) y V de Aiken. El protocolo construido en este proyecto fue implementado en dos aplicaciones Web (App1: *Anatomía y Fisiología*; App2: *Pruebas Diagnósticas*) para la enseñanza – aprendizaje del sistema respiratorio desarrolladas por el Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e

Ingeniería Clínica (GIBIC) de la Universidad de Antioquía. Los resultados indican que el 74,3% y 84,0% del contenido dispuesto en las herramientas fue válido para la App1 y App2 respectivamente. En cuanto a las medidas de usabilidad, mediante la aplicación de la metodología MUSiC, se logró aportar información sobre la efectividad, eficiencia y satisfacción de diferentes usuarios en facilidad de uso, desarrollo de tareas, información suministrada, solución de errores, funcionalidad e interfaz gráfica. Así, la App1 obtuvo un 91.27 % de efectividad y 86.87 % de eficiencia, mientras que la App2 alcanzó 94.18 % y 92.31 % respectivamente. Lo anterior, a pesar de considerarse buenos resultados de efectividad y eficiencia, ponen en evidencia que se requiere reforzar algunos elementos de simulación y funcionalidad en estas aplicaciones web.

Finalmente, en este trabajo se evaluó el efecto e impacto que tienen este tipo de ayudas tecnológicas en el proceso de enseñanza – aprendizaje. Esta validación se realizó con dos grupos de estudiantes de semestres diferentes del Programa de Terapia Respiratoria de la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, quienes utilizaron la App1 como herramienta de apoyo durante la realización de una clase magistral. Dentro de cada grupo, un subgrupo de estudiantes utilizó la aplicación como herramienta de apoyo durante la clase magistral y el otro subgrupo usó un material de estudio escrito con el contenido disponible en la aplicación web. Los resultados obtenidos a través del análisis del estadístico Kruskal Wallis e información mutua, muestra cómo se van discriminando los grupos conforme se avanza en los puntos temporales establecidos en la prueba, lo que implica diferencias en los conocimientos adquiridos por la población de estudio durante la prueba de validación. Esto permite inferir que hay una clara mejoría por parte de los estudiantes cuando utilizan la herramienta en comparación con el subgrupo que no la utilizó, por lo que se concluye que la App1 es efectiva para el soporte puntual de clases magistrales.

Lista de publicaciones

1. Salazar-Sánchez, M. B., Hernández-Valdivieso, A. M., Rodríguez-López, C., Mesa-Agudelo, J. C., Muñoz-Ortega, I. C., Serna-Higueta, L. Y., & **Buitrago-Castro, L. F.** (2019, October). Areas with the Highest Use of Simulator for Health Education in Colombia. In Workshop on Engineering Applications (pp. 643-652). Springer, Cham.
2. **Buitrago-Castro, L. F.**, Salazar-Sánchez, M. B., & Hernández-Valdivieso, A. M. (2020, October). Web Application for the Teaching of Anatomy and Physiology of the Respiratory System: Usability Measurement and Metrics. In Workshop on Engineering Applications (pp. 409-419). Springer, Cham.
3. **Castro, L. F. B.**, Santacruz, L. F. E., & Sánchez, M. B. S. (2020, August). Work of Breathing Estimation during Spontaneous Breathing Test using Machine Learning Techniques. In 2020 IEEE Colombian Conference on Applications of Computational Intelligence (IEEE ColCACI 2020) (pp. 1-6). IEEE.
4. **Luis Felipe Buitrago** and María Bernarda Salazar. Engineering Requirements in Web Applications for Health Education (Sometime el 28 mayo de 2020 a la revista Requirements Engineering, Q1).
5. **Buitrago Castro Luis Felipe**, Salazar Sánchez María Bernarda. Content Validation of Web Application for the Teaching of Anatomy and Physiology of the Respiratory System: A pilot study (En borrador, pendiente de someter a revista de alto impacto).
6. **Buitrago Castro Luis Felipe**, Salazar Sánchez María Bernarda. Effect of anatomy and physiology application in blended learning: A pilot study (En borrador, pendiente de someter a revista de alto impacto)

Agradecimientos

El desarrollo del presente trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo y disposición prestados por el Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica (GIBIC), cuyos miembros siempre estuvieron dispuestos a aportar positivamente para el correcto desarrollo de este, aportando comentarios constructivos sobre las metodologías diseñadas. De la misma manera, agradecer al Ministerio de Ciencia y Tecnología por el apoyo que me presto a través del proyecto “Desarrollo de aplicaciones móviles para el aprendizaje del sistema respiratorio: conceptos básicos, diagnóstico de enfermedades, terapia y rehabilitación”, proporcionándome la estabilidad necesaria para centrarme en las actividades investigativas.

Por otra parte, agradecer a la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas por la disposición, esfuerzos y logística prestada para poder realizar de manera satisfactoria los experimentos planteados dentro del marco de la situación mundial presente.

Finalmente, a mis padres, quienes han sido un apoyo constante para la culminación de este proceso académico.

Tabla de contenido

Resumen	3
Lista de publicaciones	5
Agradecimientos	6
1 Introducción	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 Objetivos de investigación	18
1.2.1 Objetivo general	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 Esquema de la tesis	19
2 Marco teórico	20
2.1 Aprendizaje significativo	20
2.2 Estilos de aprendizaje	22
2.2.1 Modelo de Gregorc	23
2.2.2 Modelo de Pask	23
2.2.3 Modelo de Richard Felder y Linda Silverman	23
2.3 Modelos pedagógicos	24
2.3.1 Modelo conductivista	24
2.3.2 Modelo tradicional	25
2.3.3 Modelo constructivista	26
2.3.4 Modelo conectivista	27
2.4 Validación de contenido	28
2.4.1 Dominio	30
2.4.2 Juicio de expertos	31
2.4.3 Estrategias para la estimación de validez	31

2.4.4	Grado de acuerdo Inter jurado	35
3	Análisis de Requerimientos.....	37
3.1	Aplicaciones Web	39
3.1.1	Anatomía y Fisiología	39
3.1.2	Pruebas Diagnósticas	42
3.2	Metodología	44
3.2.1	Elicitación.....	45
3.2.2	Análisis	52
3.2.3	Documentación.....	52
3.2.4	Validación.....	52
3.2.5	Priorización.....	53
3.3	Resultados	53
3.4	Levantamiento de requerimientos.....	57
3.5	Discusión	63
4	Validación de contenido.....	67
4.1	Metodología.....	68
4.2	Resultados	69
4.2.1	Diseño.....	69
4.2.2	Implementación	75
4.2.3	Discusión	81
5	Pruebas de usabilidad	85
5.1	Metodología.....	86
5.2	Diseño de la prueba.....	87
5.2.1	Población	88
5.2.2	Análisis estadístico	89
5.3	Resultados	89
5.4	Discusión	94

6	Validación de aprendizaje e impacto	97
6.1	Metodología.....	98
6.1.1	Diseño del experimento	99
6.1.2	Diseño de las pruebas	101
6.1.3	Población	102
6.1.4	Análisis de datos.....	103
6.2	Resultados.....	104
6.3	Discusión	107
7	Conclusiones y trabajo futuro	109
8	Bibliografía.....	112
	Anexos.....	126
	Anexo 1. Tablas validación de contenido de la app Anatomía y Fisiología.....	126
	Anexo 2. Tablas validación de contenido de la app Pruebas diagnósticas	132
	Anexo 3. Tareas y contextos de uso definidas para la prueba de usabilidad	140
	Anexo 4. Documento de estudio independiente validación de aprendizaje	142
	Anexo 5. Banco de preguntas para las pruebas de conocimiento	149
	Anexo 6. Preguntas entrevista elicitación requerimientos de contenido.	160
	Anexo 7. Instrumento validación App Fisiología y Anatomía	166
	Anexo 8. Instrumento pruebas de usabilidad app Anatomía y Fisiología	177

Lista de figuras

Figura 1. Validez de contenido de una variable. Recuadro rojo: No validez de contenido. Recuadro amarillo: Alta, pero no completa validez de contenido. Recuadro Verde: Validez de contenido completa. Adaptado de [66].....	30
Figura 2. Aplicación Anatomía y Fisiología desarrollada por el grupo de investigación GIBIC. Necesita describir los iconos que se mencionan en el texto.	41
Figura 3. Aplicación Pruebas Diagnósticas desarrollada por el grupo de investigación GIBIC.	43
Figura 4. Metodología levantamiento de requerimientos. Se observan las diferentes fases del proceso de ingeniería de requerimientos con los actores involucrados en esta, considerando la línea de tiempo y los productos esperados de cada una de las fases. ...	48
Figura 5. Metodología para el levantamiento de requerimientos de contenido. Cada una de las cajas representa un filtro realizado a los contenidos que se tenían de base, los cuales provienen del análisis de microcurrículos. Así, el primer filtro que se realiza es considerar cuáles de estos presentaban mayor relevancia clínica, en segundo lugar, cuáles se les dificultaba aprender a los alumnos y en tercer lugar cuáles se les dificultaba enseñar a los docentes (información proveniente de las entrevistas). Finalmente se agrupan en lo que se denominó contenidos fundamentales que dan origen a los requerimientos de contenido.	49
Figura 6. Metodología para el levantamiento de requerimientos pedagógicos. A partir del análisis de dos conjuntos de preguntas, el primero enfocado en la utilidad de los modelos en el área y su uso en aplicaciones web, y el segundo centrado en el objetivo final de la herramienta, se busca seleccionar aquellas características particulares que puedan tomarse en cuenta de cada modelo.	50
Figura 7. Metodología para el levantamiento de requerimientos funcionales. Desde la comparación de 2 o más herramientas se evidencia la estrategia seguida para identificar las ventajas y desventajas que permitan levantar todos los mejores requerimientos posibles. Identificando oportunidades de mejora que dan factores diferenciales a la ayuda en desarrollo	51
Figura 8. Jerarquización de los requerimientos. En el alto nivel se encuentran quienes podrían afectar de manera más significativa los otros, considerando que un cambio en estos podría implicar una cascada de cambios sobre los otros. De la misma forma el nivel	

medio indica quienes podrían generar cambios sobre los de bajo nivel, pero no sobre los de alto. Finalmente, los de bajo nivel quienes solo se afectan entre ellos.....	54
Figura 9. Relación entre los actores y requerimientos. Los actores incluidos en cada etapa delimitan los requisitos; las flechas indican la dirección y forma de interacción.	56
Figura 10. Resumen de los contenidos de los microcurrículos analizados de 65 materias relacionadas a los programas de Medicina, Enfermería y Terapia Respiratoria.	58
Figura 11. Resultados encuestas aplicación Anatomía y Fisiología (izquierda), y Pruebas Diagnósticas (derecha).	59
Figura 12. Estructura del instrumento para dar evidencia de la validez de contenido. Diseñada para acercarse a la medida mediante las dimensiones “calidad teórica” y “calidad gráfica”, compuestas por los constructos pertinencia, suficiencia y veracidad para la calidad teórica; y disposición, definición y veracidad para la calidad gráfica. ..	71
Figura 13. Estructura utilizada para el análisis de datos. El análisis realizado implica la valoración de la herramienta en sus diferentes módulos y submódulos. Realizado un desarrollo desde la profundidad de estos últimos que llevan a una evaluación de los módulos y así mismo se escala hasta la aplicación.	72
Figura 14. Distribución de pesos asignados a las diferentes estructuras planteadas para la aplicación Web de Anatomía y Fisiología (parte superior) y Pruebas Diagnósticas (parte inferior). Los porcentajes relacionados en los submódulos son equivalentes a la cantidad que exista de estos para cada módulo. Así, debido a que ventilación contenía 3 submódulos cada uno de este vale 33,3%, respiración contenía 4 submódulos, cada uno con un peso de 25 % y fisiopatología 3 por lo que, igual que el módulo ventilación, cada uno de sus submódulos vale 33,3%. Por otra parte, para la segunda herramienta (pruebas diagnósticas) se relacionan la cantidad de módulos y valor a continuación: espirometría, 3 submódulos (cada uno vale 33,3%), gases arteriales, 6 submódulos (cada uno vale 16,6%), Rx y sonidos, 4 módulos (cada uno vale 25 %), casos clínicos, 4 submódulos (cada uno vale 25%).	74
Figura 15. Porcentaje de validez de la herramienta Anatomía y Fisiología.	77
Figura 16. Porcentaje de validez de la herramienta Pruebas Diagnósticas.	80
Figura 17. Metodología para implementación de pruebas de usabilidad para aplicaciones Web.....	87
Figura 18. Promedio del número de errores cometidos por los participantes durante el desarrollo de tareas aplicación Anatomías y Fisiología. Igual que la tabla 14. Si las tareas se discuten, deberían describirse a que corresponden y no simple decir tarea 1, etc.	91

Figura 19. Diagrama de araña encuesta de satisfacción para la aplicación Anatomía y Fisiología.	92
Figura 20. Promedio del número de errores cometidos por los participantes durante el desarrollo de tareas aplicación Pruebas Diagnósticas. Mismo comentario que fig. 18..	93
Figura 21. Diagrama de araña encuesta de satisfacción para la aplicación Pruebas Diagnósticas.	94
Figura 22. Pantallazo correspondiente a la sección de clase magistral llevada a cabo durante el experimento.	98
Figura 23. Página desarrollada para adelantar los procesos de validación.....	99
Figura 24. Diagrama de proceso diseñado para la medición del impacto de las aplicaciones.	100
Figura 25. Protocolo sugerido para la evaluación de la efectividad de las herramientas.	101
Figura 26. Puntos temporales para el análisis entre las Pruebas A, B y C realizadas durante el experimento.	103
Figura 27. Media de calificación en los diferentes puntos temporales- ME: Material Escrito; App: Aplicación.	106

Lista de tablas

Tabla 1. Estrategias para la estimación de validez y su escala ideal.	32
Tabla 2. Atributos para determinar la calidad de los requerimientos [93].	44
Tabla 3. Requerimientos de contenido y criterios de aceptación aplicación Anatomía y Fisiología.	60
Tabla 4. Requerimientos de contenido y criterios de aceptación aplicación Pruebas Diagnósticas.	61
Tabla 5. Requerimientos pedagógicos con sus respectivos criterios de aceptación.	61
Tabla 6. Requerimientos funcionales con sus respectivos criterios de aceptación.	62
Tabla 7. Requerimientos No funcionales y sus criterios de aceptación.	63
Tabla 8. Requerimientos de sistemas con sus respectivos criterios de aceptación.	63
Tabla 9. Distribución de los ítems incluidos en cada constructo para las aplicaciones Web de interés. Ver Anexo 7.	71
Tabla 10. Valores de corte definidos para los estadísticos de validación de contenido.	73
Tabla 11. Matriz de resultados validación de contenido aplicación Anatomía y Fisiología. Color verde: El valor del estadístico se encuentra sobre los límites definidos; Color rojo: El valor del estadístico está por debajo de los límites establecidos. A: IVC; B: V de Aiken; C: Distancia entre los intervalos de confianza V de Aiken.	76
Tabla 12. Matriz de resultados validación de contenido aplicación Pruebas Diagnósticas. Color verde: El valor del estadístico se encuentra sobre los límites definidos; Color rojo: El valor del estadístico está por debajo de los límites establecidos. A: IVC; B: V de Aiken; C: Distancia entre los intervalos de confianza V de Aiken.	79
Tabla 13. Atributos y métricas planteados para las pruebas de usabilidad de las aplicaciones Web.	88
Tabla 14. Resultados eficiencia y efectividad aplicación Anatomía y Fisiología.	90
Tabla 15. Resultados eficiencia y efectividad aplicación Pruebas Diagnósticas.	93
Tabla 16. Pruebas Post Hoc Mann Whitney para el análisis de información efectividad. Deben decirse cuales fueron las pruebas	104
Tabla 17. Resultados prueba de diferencias Kruskal Wallis para los diferentes grupos y subgrupos.	105
Tabla 18. Análisis de Información Mutua a los grupos de estudiantes que realizaron el experimento de aprendizaje.	106

Tabla 19. Resultados validación módulo Ventilación aplicación Anatomía y Fisiología.	126
Tabla 20 Resultados validación módulo Respiración aplicación Anatomía y Fisiología.	128
Tabla 21. Resultados validación módulo Fisiopatología aplicación Anatomía y Fisiología.	130
Tabla 22. Resultados validación módulo Espirometría aplicación Pruebas Diagnósticas.	132
Tabla 23. Resultados validación módulo Gases Arteriales aplicación Pruebas Diagnósticas.	134
Tabla 24. Resultados validación módulo RX y sonidos aplicación Pruebas Diagnósticas.	136
Tabla 25. Resultados validación módulo Casos Clínicos aplicación Pruebas Diagnósticas.	138
Tabla 26. Tareas y contexto de uso aplicación Anatomía y Fisiología.	140
Tabla 27. Tareas y contexto de uso aplicación Pruebas Diagnósticas.....	141
Tabla 28. Primer banco de preguntas pruebas validación de aprendizaje.	149

1 Introducción

1.1 Antecedentes

Durante los últimos años, el acelerado y constante desarrollo tecnológico ha empujado a la sociedad a experimentar cambios en su comportamiento y formas de interactuar, suponiendo un impacto sociocultural al que no ha sido indiferente el campo de la educación [1]. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) resalta que *las tecnologías de la información y comunicación (TIC) pueden complementar, enriquecer y transformar el proceso educativo* [2]. Así, durante la convención celebrada por esta en París el año 2014, se priorizan tres áreas de trabajo para la educación superior, incluyéndose la incorporación y uso de las TIC [3]. En este sentido, el desarrollo de herramientas tecnológicas que tienen como objetivo final facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje, ha generado una nueva era que ha expandido la capacidad de enviar, recibir y usar la información [4].

Lo anterior, ha abocado a los programas de formación vinculados a instituciones de educación superior al uso de dispositivos y herramientas que provean a los estudiantes nuevos espacios para afianzar y fortalecer las habilidades y destrezas propias de cada especialidad profesional [5]. Cambios a los que no han sido indiferentes aquellos relacionados con las ciencias de la salud [6], [7], los cuales requieren, para el caso de Colombia, que sus aprendices realicen un máximo de 12 horas/día de práctica [8] que les permitan no solo la adquisición de conocimientos sino de aptitudes necesarias para su quehacer [9]. Esta actividad se ha visto limitada debido a la nueva legislatura, que restringe la participación de estudiantes de pregrado y posgrado en la atención de pacientes al interior de las entidades hospitalarias [8]. Esto ha beneficiado ampliamente la construcción de simuladores que permiten entornos de aprendizaje interactivos para los alumnos [10], gracias a la generación de ambientes y eventos clínicos que posibilitan principalmente el entrenamiento repetitivo y seguro, incorporando desde maniqués de cuerpo completo hasta entrenadores de tarea parcial, pacientes simulados, simuladores generados por computadora y simuladores híbridos [11].

Ayudas tecnológicas que suponen un gran reto para los desarrolladores de software y hardware (compañías e instituciones educativas) debido a que deben cumplir con un conjunto específico de requisitos como lo son la alta fiabilidad teórica, fácil navegación, intuitividad y efectividad, que les permitan representar procesos altamente complejos con suficiente fidelidad, tal que favorezcan la inmersión, reflexión, realimentación y práctica sin ningún tipo de riesgo inherente para el estudiante o paciente [12]. Estos requisitos incluye también la integración dentro de su diseño desde técnicas de levantamiento de requerimientos, que permitan optimizar el tiempo y costo de desarrollo, proveyendo una descripción completa del sistema: comportamiento, restricciones y atributos [13], hasta consideraciones relacionadas con la dificultad en la imitación de sistemas biológicos, alto costo de adquisición de la tecnología, necesidad de infraestructura y software específicos, costo de mantenimiento y repuestos, fidelidad de los contenidos, entre otros [14].

Es por ello que estas herramientas requieren de una planificación meticulosa que asegure, con el mayor grado posible, la inclusión de todos los elementos pedagógicos, estructurales y de contenido que permitan la autoevaluación, evaluación y retroalimentación para los estudiantes e instituciones [15]. Salas et al. ha resaltado que *los simuladores no hacen un curriculum, son herramientas para uno* [16]. En tanto, el desarrollo de estas debe incorporar metodologías que permitan la sinergia entre el alumno y profesor [17], tal que faciliten la accesibilidad y la alfabetización en su uso, principalmente en países en vía de desarrollo [18]. este tipo de ayudas tecnológicas constituyen un indicador base para los estándares de calidad de programas de educación superior [19].

A razón de esto, surge la necesidad de evaluar el efecto de este tipo de herramientas en el aprendizaje de quienes la usen de forma activa [20], [21], dadas las evidencias sobre la falta de desarrollo de habilidades cognitivas necesarias para la realización de tareas de aprendizaje y la incorrecta incorporación de las modalidades de interacción disponibles en los dispositivos con herramientas de mobile - learning (m-learning) [21], entendiendo que algunas de estas ayudas requieren infraestructura específica y recursos especializados [22].

Por otra parte, en cuanto al sistema respiratorio, las enfermedades que lo afectan y su tratamiento; se trata de un sistema complejo, que para su diagnóstico y específicamente para su tratamiento, se requiere de un riguroso entrenamiento que constantemente cambia debido a la incorporación de nueva tecnología en la práctica médica. El cual se ha visto altamente perjudicado conforme se ha industrializado y expandido la civilización, en

donde a causa del crecimiento poblacional, la contaminación ambiental y otros factores adjuntos, se ha generado una prevalencia de enfermedades respiratorias. En Colombia, el Instituto Nacional de Salud reporta en su boletín epidemiológico que para el año 2019 se presentaron 5'196.943 de consultas externas y por urgencias específicamente por insuficiencia respiratoria aguda (IRA). Notificándose 177.181 hospitalizaciones en sala general y 16.524 en unidad de cuidado intensivo (UCI) [23]. Esto evidencia la importancia de contar con herramienta que faciliten la formación y entrenamiento de personal asistencial que pueda apoyar esta alta demanda.

Sin embargo, a pesar de resaltarse la importancia de estas ayudas en la formación de profesionales de la salud y los problemas adjuntos a su construcción, no se ha encontrado evidencia o metodologías expresas que validen la fidelidad de los contenidos alojados en dichas herramientas. Por el contrario, como ya se discutió, se han identificado debilidades relacionadas a la estructura y formas de enseñanza que algunas tienen [14], en donde a pesar del llamado de la sociedad de la comunicación por evaluar el efecto que pueden tener estas en el proceso de enseñanza – aprendizaje, no se encontraron estudios que aborden dicha problemática.

Así, el presente proyecto se enfoca en estructurar y proveer protocolos que permitan, por un lado, relacionar el proceso de ingeniería de requerimientos que favorezca el diseño y desarrollo fluido de dos aplicaciones Web (App1: *Anatomía y Fisiología*; App2: *Pruebas Diagnósticas*) para la enseñanza – aprendizaje del sistema respiratorio desarrolladas por el Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica (GIBIC) de la Universidad de Antioquía. Por otra parte, basada en la idea ya constituida para la validación de test, se plantea e implementa una estrategia para la validación del contenido, evaluando adicionalmente la funcionalidad de cada herramienta y, estimando el posible impacto, a corto plazo, que podrían tener en el aprendizaje. Todo lo anterior pensando en proporcionar herramientas con contenidos de alta calidad teórica y científica para que los alumnos apoyen, refuercen y mejoren su proceso de aprendizaje. Estas aplicaciones son desarrolladas en el marco del proyecto “Desarrollo de aplicaciones móviles para el aprendizaje del sistema respiratorio: Conceptos básicos, diagnóstico de enfermedades, terapia y rehabilitación”, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia.

1.2 Objetivos de investigación

1.2.1 Objetivo general

Diseñar e implementar protocolos de validación de aplicaciones para la enseñanza del sistema respiratorio a profesionales en formación en programas de ciencias de la salud en Medellín, Antioquia

1.2.2 Objetivos específicos

1. Definir los requerimientos de contenido y pedagógicos para las aplicaciones enfocadas en conceptos básicos y diagnóstico de enfermedades en el área del sistema respiratorio.
2. Diseñar la estrategia de validación que permita medir el nivel de enseñanza - aprendizaje del sistema respiratorio
3. Validar el contenido, funcionalidad y efectividad del conjunto de aplicaciones desarrolladas para la enseñanza y aprendizaje de conceptos básicos en el área del sistema respiratorio

1.3 Esquema de la tesis

El trabajo desarrollado se encuentra organizado así: El Capítulo 2 provee todas las bases teóricas necesarias para el desarrollo del protocolo de validación, incluyendo desde los estilos de aprendizaje hasta los principios y modelos de validación. Así mismo, los Capítulos 3 al 6 abordan las aplicaciones web evaluadas a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación, aspectos metodológicos, resultados y discusión del análisis de requerimientos, la validación de contenido, pruebas de usabilidad y la validación de aprendizaje e impacto, respectivamente.

El último capítulo hace mención a las conclusiones y sugerencias para el trabajo futuro.

2 Marco teórico

2.1 Aprendizaje significativo

Uno de los factores fundamentales para el aprendizaje de nuevo conocimiento son las diferentes estructuras cognitivas de los individuos, entendidas como el conjunto de ideas, imágenes, conceptos y experiencias que posee el sujeto, a las que Ausubel denomina “subsunoadores”, y define como los encargados de ejercer como puente cognitivo para que una nueva información pueda ser asimilada e incorporada dentro de la estructura mental [24]. Como el mismo enuncia y es citado *El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüe esto y enséñese consecuentemente* [25]. Esto, destaca la importancia de explorar los conceptos y concepciones que el estudiante ya posee en su estructura cognitiva, utilizándolos como referente para aprender nuevos contenidos.

De esta forma, un aprendizaje significativo implica que, las nuevas ideas, conceptos y proposiciones, serán asimiladas de forma eficiente en la medida en que otras concepciones relevantes estén adecuadamente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo, de tal manera que funcionen como “ancla” de las primeras, es decir, relacionar nuevos conceptos, con un aspecto existente y relevante de la estructura del alumno, evitando la asimilación textual, reelaborando e interpretando dichas ideas. Aun así, se entiende que los subsunoadores que posee un individuo pueden ser inestables, ya que se encuentran en constante evolución y, conforme interactúan con nueva información es posible afianzarlos.

Dado lo anterior, según plantea Ausubel, existen dos condiciones indispensables para que sea posible el aprendizaje significativo [26]:

1. El alumno debe adquirir una postura que le permita, de manera consciente, relacionar sustantiva y no arbitrariamente nuevas informaciones con otras que el ya posea en su estructura.
2. Los materiales que se presentan al aprendiz tienen que ser potencialmente significativos para él, por lo que deben poseer tanto un significado lógico como psicológico.

En este contexto, si lo que busca el aprendiz es memorizar la nueva información, sin acudir a su estructura cognitiva para que esta información interactúe con otras que el ya posee, entonces el aprendizaje no será significativo y fácilmente olvidable, tal como ocurre cuando se aprende solo para presentar un examen [26]. Por otra parte, el material, entendido como los textos, presentaciones, prácticas experimentales, simulaciones, modelos, ayudas tecnológicas, entre otras; debe ser sencillo y no confuso en cuanto a su naturaleza y estructura interna, que, además, genere una motivación para aprender, considerando la forma en que el alumno relaciona nuevos materiales con lo que él ya sabe [27].

De aquí, el aprendizaje significativo se clasifica de tres formas, representacional, proposicional y conceptual [26]. El aprendizaje significativo representacional, se construye en la medida que el individuo atribuye símbolos arbitrarios con sus referentes, por ejemplo, el símbolo Pa en medicina con la presión que existe dentro de las arterias, o la palabra convertidor con el objeto físico en electrónica. Este tipo fundamental de aprendizaje, no se debe tomar como la simple asociación de un símbolo, sino como una relación sustantiva y no arbitraria. En segundo lugar, el aprendizaje significativo conceptual, se entiende como una abstracción y generalización en cuanto a determinados atributos críticos, esto implica que la equivalencia ya no se establece exclusivamente entre el símbolo y su referente, sino que constituye el significado del símbolo con los atributos críticos, lo cual ayuda a que el individuo pueda, por ejemplo, distinguir cuando un paciente tiene bajos medios o altos valores de presión, bien sea de dióxido de carbono (PaCO_2) u oxígeno (PaO_2). En donde, dado un aprendizaje por asimilación, el sujeto es capaz de adjudicar nuevos atributos críticos de esos conceptos. Finalmente, el aprendizaje significativo proposicional, se da cuando el individuo es capaz de atribuir significados a ideas expresas en forma de proposición, comprendiendo los conceptos al combinarse, por ejemplo, un alto nivel de PaCO_2 podría indicar un proceso de acidificación en la sangre originado por motivos respiratorios o metabólicos dependiendo de los síntomas del paciente [28].

En conclusión, el aprendizaje significativo está sujeto a la organización jerárquica de conceptos y proposiciones en la estructura cognitiva del sujeto, que para ser desarrollado de forma exitosa debe construirse a partir del conjunto de conocimientos previos que posee el aprendiz y, en donde el docente debe investigar y procurar actividades y materiales de trabajo que promuevan la interacción de las nuevas informaciones a ser

aprendidas con la estructura cognitiva del estudiante, favoreciendo tanto la asimilación como la motivación.

2.2 Estilos de aprendizaje

A pesar de ser estudiado por múltiples autores tales como Felder, Kolb, Silverman, entre otros, el concepto de *estilo de aprendizaje* no ha visto un consenso en su definición, en donde la mayoría de estos lo entiende como la capacidad individual para procesar y percibir la información [29]. Aun así, algunos autores aseguran que aquella que expresa con mayor claridad dicho concepto es la dada por Kolb, la cual enuncia que *“Los estilos de aprendizaje son rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos, que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo perciben los discentes, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje”* [30]. En este sentido, cuando se habla de un rasgo cognitivo, se hace referencia a las capacidades innatas que tiene el individuo, diferente a un rasgo afectivo, que se entiende como la pasión, interés, deseo o necesidad que muestra el alumno en su proceso de formación [31].

En este contexto, se pueden destacar cuatro aspectos especialmente relevantes en relación con los estilos de aprendizajes:

1. Las cualidades espaciales, que se refiere al espacio concreto, con el que se conectan los sentidos, y el espacio abstracto, con el que se vincula la inteligencia, emociones, imaginación e intuición.
2. El tiempo controlado por el orden y estructuración, el cual puede ser secuencial (serializado) y aleatorio (multidimensional)
3. Los procesos mentales de deducción e inducción
4. Las relaciones entre reafirmarse en su individualidad y colaborar con otros.

Entonces, es posible afirmar que existen tantos estilos como personas en el mundo, ya que cada uno posee unas cualidades y aptitudes heredadas particulares. Sin embargo, como se mencionó, el aprendizaje depende, entre otros factores, de la experiencia y las circunstancias particulares que rodean al sujeto, por lo que es posible agrupar los estilos de aprendizaje bajo modelos que los definan alrededor de una serie de características.

2.2.1 Modelo de Gregorc

Se basa en los procesos internos de la persona producto de características heredadas y condiciones ambientales, en donde existen dos maneras de percibir la información: concreta y abstracta; y dos de ordenarla: Secuencial y aleatoria. Por un lado, la percepción concreta registra la información a través de los sentidos sin ninguna atribución de significados. Por el contrario, la percepción abstracta consigue asimilar la información a través de abstracciones y esquematizaciones, profundizando más allá de lo inmediato. En combinación a esto, la habilidad secuencial de organizar la información, implica seguir una secuencia estructurada de pensamiento, mediante un programa o plan de acción, mientras que hacerlo de forma aleatoria, significa realizar este proceso de forma desordenada y sin planificación. De lo anterior surgen cuatro estilos de aprendizaje diferentes, que no se encuentran sesgados y no son excluyentes, por lo que una persona podría presentar uno o los cuatro estilos de aprendizaje al mismo tiempo [32]: (1) concreto secuencial; (2) concreto al azar; (3) secuencial abstracto; (4) abstracto al azar.

2.2.2 Modelo de Pask

Se basa en la resolución de problemas para identificar las estrategias preferidas en cierto proceso de aprendizaje, distinguiendo entre los métodos holístico y seríalista. El primero, implica la solución de problemas desde una perspectiva global, utilizando principalmente imágenes y la experiencia personal, visto más como un tipo de aprendizaje personalizado. El segundo, es un aprendizaje escalonado, donde la información se procesa de manera ordenada y lógica, presentando un alto grado de estructuración y deja poco margen a la creatividad personal. Normalmente trabajadas en conjunto para aprender y desarrollar una tarea, ya que por separado son incompletas [33], [34].

2.2.3 Modelo de Richard Felder y Linda Silverman

Interpreta los estilos de aprendizaje como las preferencias en el modo de percibir, operar y lograr la comprensión. Basado en numerosos argumentos tomados de diferentes autores, que establecen cinco dimensiones: perceptiva (sensorial intuitiva), sensorial (visual o

verbal), organización de la información (inductiva o deductiva), procesamiento de la información (activo reflexivo) y entendimiento de la información (secuencia o global). Estas, se pueden manifestar en un sujeto de forma diferente, admitiendo la variación en el tiempo y según las influencias que reciba. De igual manera resalta algunas dimensiones correspondientes a los estilos de enseñanza, orientados particularmente hacia los docentes y que clasifica, de igual forma, en cinco dimensiones: Contenido (concreto o abstracto), presentación (visual o verbal), organización (inductiva o deductiva), participación del estudiante (activa o pasiva) y perspectiva (secuencial o global) [35].

2.3 Modelos pedagógicos

Los modelos pedagógicos, como muchos elementos relacionados con el desarrollo mental, tienen su fundamento en los modelos psicológicos del proceso de aprendizaje, en los modelos sociológicos, comunicativos o gnoseológicos. Centrado en la estructuración del proceso pedagógico, que permita la conceptualización, y facilite identificar, valorar y elaborar nuevas estrategias que ayuden a obtener mejores niveles de eficiencia educativa [36]. En este sentido, la construcción de herramientas tecnológicas que tienen como objetivo colaborar en los procesos de enseñanza aprendizaje debe contener, de alguna manera, una forma consistente a estos elementos, tal que permita al docente un uso efectivo de la ayuda tecnológica.

2.3.1 Modelo conductivista

Basado en la idea de la respuesta al estímulo, que tiene como principales exponentes a autores como John Broadus, Ivan Petrovich y Edwar Chace, se caracteriza por la transmisión parcelada de saberes mediante un adiestramiento experimental centrado en el esfuerzo. Modelo desarrollado en paralelo con la racionalización y planeación económica, su método consiste en la fijación y control de objetivos instruccionales formulados con precisión [37]. Se considera que la función de la institución educativa es la de transmitir saberes aceptados socialmente, generando cambios conductuales sobre el individuo. Como consecuencia, el aprendizaje puede ser modificado por las condiciones del medio

ambiente, realizando un análisis constante de la conducta bajo condiciones precisas de observación, operacionalización, medición y control [38].

Con la idea de elevar la eficiencia del proceso docente, la enseñanza programada ha sido vista como un recurso técnico, método o sistema de enseñar, que, por medio de máquinas didácticas, automatiza las actividades de refuerzo y, por tanto, se puede aprender una conducta mediante un sistema organizado de prácticas o repeticiones reforzadas adecuadamente. En donde el aprendizaje tiene un carácter activo en el que la exposición y secuencia de un proceso de aprendizaje complejo, está diferenciado en los niveles de complejidad de una conducta [39]. Al final, las conductas del estudiante son de suma importancia, de modo que la organización del contenido, la secuencia de aprendizaje, y el control de estímulos, hagan posible la emisión y entendimiento de la conducta deseada.

2.3.2 Modelo tradicional

Tratado como un método de la época medieval, se define como el arte perfecto de enseñar todo a los hombres [40], que en la actualidad, mantiene muchos de sus elementos tradicionales. Se centra en la idea de que la juventud, sin excepción alguna, puede ser formada rápida, agradable y profundamente. Esta intención pedagógica que subyace a la mayoría de modelos pedagógicos actuales. Es clasificado frecuentemente como enciclopedista, ya que el contenido de enseñanza consiste en un conjunto de conocimientos y valores sociales acumulados por las generaciones pasadas, que se transmite a los alumnos como verdades acabadas, disociados de la experiencia de los alumnos y las realidades sociales [41].

Un aspecto importante en este modelo pedagógico es el rol del maestro, que, bajo el propósito de enseñar conocimientos, el maestro cumple la función de transmisor, en donde, mediante una lección, el estudiante recibirá las informaciones [27]. Por otra parte, es importante resaltar que bajo este paradigma el ideal educativo es formar el carácter del individuo, por lo que las lecciones de clase centradas en educación moral e instrucción cívica enfatizan la importancia del deber, obediencia y valor.

2.3.3 Modelo constructivista

Modelo que tiene como figuras destacadas a Jean Piaget y Lev Vygotsky, se cimenta en el aprendizaje organizado y liderado por el alumno, en donde este elabora sus conocimientos a partir de revisiones, selecciones, transformaciones y reestructuraciones [42]. De esta forma, se entiende que el individuo es una elaboración propia que se va desarrollando a lo largo de la vida mediante interacciones de factores básicos como: la herencia, el ambiente sociocultural, las experiencias y el lenguaje. En este sentido, algunos autores señalan que es una teoría complementaria en la que, por ejemplo, mediante la teoría de la asimilación y el anclaje, explicada en la sección de aprendizaje significativo, se enfatiza la importancia del elemento integrador. Este modelo Asocia la importancia de la actividad conjunta y cooperativa, incorporando esquemas y marcos que son codificados y reestructurados [43].

En consecuencia, es un modelo que plantea estructuras pedagógicas diferenciales, condicionadas por el conjunto de características físicas, sociales, culturales y económicas. En este aspecto quien enseña debe tener claro que, a pesar de ser el poseedor del conocimiento, debe evitar implementar metodologías tradicionales en las que el estudiante es simple receptor del conocimiento, promoviendo actividades de participación activa y diálogo, que le permitan lograr un ambiente de colaboración, tomando como elemento fundamental los manuscritos científicos y herramientas tecnológicas. De manera que, las construcciones previas inciden de manera significativa en los aprendizajes nuevos, por lo que se debe suponer que todos los alumnos las poseen.

En relación con lo anterior, se considera fundamental la metodología a implementar, ya que desde el punto de vista de esta modelo debe reunir una serie de características que le faciliten al estudiante una estructura teórica para desarrollar sus aptitudes. En este sentido, el docente debe considerar: (1) El contexto, ya que los conocimientos deben ser globales y particulares, por lo que requiere una revisión teórica de los contenidos, pero también su aplicación particular a situaciones reales de los estudiantes; (2) Considerar los aprendizajes previos, por lo que el docente deberá tener en cuenta el grupo de materias ya cursadas o realizar una evaluación diagnóstica que le permita determinar la viabilidad del modelo; (3) Que los estudiantes sean auto-estructuradores, de tal forma que acoplen sus estilos de aprendizaje al material disponible, por lo que el maestro, deberá concebir actividades lo suficientemente amplias, como para que cada alumno pueda desarrollarlo

a su manera; (4) Favorecer el dialogo, en donde los contenidos planteen cuestionamientos y preguntas que permitan el debate y la socialización [44].

2.3.4 Modelo conectivista

Definido como la teoría para el aprendizaje digital por Siemens [45], es la integración de los principios explorados por las teorías del caos, red, complejidad y auto-organización. Entendiendo que el aprendizaje es un proceso que ocurre dentro de entornos y elementos cambiantes que no están completamente bajo el control del individuo, pudiendo residir fuera de ellos (organización o base de datos), tendiendo a ser un proceso continuo que ocurre en diferentes escenarios, incluyendo comunidades de práctica, redes personales y el desarrollo de actividades en el lugar de trabajo [46].

De esta forma, para el conectivismo es de suma importancia gestionar el conocimiento alojado en las bases de datos, las cuales necesitan ser conectadas con las personas adecuadas en el momento adecuado. Relacionándose con un aprendizaje electrónico significativo (E-learning) que depende en gran medida de la interacción, entendida como la capacidad para comunicarse entre personas interesadas en una misma temática [47]. De esta manera, este modelo se puede vincular con el conocimiento conectivo, el cual realiza una precisión en términos de los tipos de conocimientos, enunciando que *el conocimiento se podría describir como distribuido, ya que está disperso en más de una entidad* [48]. De manera que cualquier cambio afecta la red en su totalidad, incluyendo a los individuos que la conforman [49].

En tanto, el rol del educador es crear ecologías de aprendizaje, dar forma a grupos, y liberar al interior a quienes han aprendido, asegurándose la reproducción del conocimiento a través de la interacción de los nodos. Sin embargo, se han identificado algunas limitaciones enfocadas en el ambiente, ya que bajo la creencia de que el aprendizaje ocurre en cierto periodo de tiempo, que es mientras dura el curso, el aprendizaje no es dinámico, ni social, ni complejo. Esto es debido a que los ambientes de aprendizaje no son desarrollados más allá de la sala de clases [50].

2.4 Validación de contenido

El concepto de validación de contenido, entendido de diversas maneras según el contexto en el que se quiera aplicar, está estrechamente relacionado con la relevancia o veracidad con la que algún instrumento es capaz de extraer o transmitir opiniones, conceptos y posturas. Autores como Cohen y Swerdlik la comprenden como un “indicador” que evidencia *que tan adecuado es el muestreo que hace una prueba del universo posible de conductas, de acuerdo a lo que se pretende medir* [51], que dicho en otras palabras, expresa el nivel de exactitud con el que una pregunta o enunciado permite extraer y analizar un constructo. En este sentido, el concepto de validez se refiere al conjunto de pruebas y datos que permiten garantizar la pertinencia de las inferencias que puedan realizarse a partir de un test [52], por lo que se validan las inferencias relativas al uso específico de la prueba [53], motivo por el cual es indispensable indicar las limitaciones y objetivos para los que es válida. Esta afirmación es respaldada por autores como Ding y Hershberger, quienes resaltan la relevancia de la validez de contenido como un importante componente que da fuerza y solidez a las deducciones derivadas de los puntajes evidenciados en la prueba [54].

En este contexto, se podría atender a la validez de contenido desde una “validez aparente” o una “validez lógica”. La primera de estas, indica por observación, que la medida puede ser “aparentemente” válida, haciendo referencia al uso de algún enunciado que permita dicha suposición. Por otra parte, la segunda, requiere de un proceso mucho más riguroso, que involucra la conformación de un panel de expertos que evalúen la validez de la medida [55]. Esto implica la construcción y validación de un criterio, validez que se alcanza encontrando una relación estadísticamente significativa entre la medición realizada y el criterio propuesto [56]. Dicho esto, es de resaltar que el constructo medido por el instrumento es fundamental para la estimación de la validez de contenido, ya que diferentes autores pueden asignarle el mismo nombre a este, pero poseer diferentes dimensiones y conceptualizaciones [54].

En este sentido, se afirma que si lo que se pretende es validar ítems estadísticamente, se tendría que aceptar que el criterio de trabajo es adecuado, por lo que dichos ítems *deberían evocar aquello que dicen estar midiendo, y conformar una muestra representativa de la población de medida* [57]. De forma que la validación de contenido es importante ya que (a) provee evidencia sobre la validez de constructo de un

instrumento de evaluación y (b) provee las bases para la construcción de diferentes formas de pruebas paralelas. En tanto, el concepto esencial de la validez de contenido está vinculado con la relevancia, representatividad y, en determinados casos, veracidad con la que un constructo es medido en cada uno de los elementos que lo representan [58], [59], en donde Guion realiza una definición basada en cinco condiciones que considera necesarias para aceptar una media en función de su contenido [60]:

1. El contenido del dominio debe tener raíces en la conducta, con un significado generalmente aceptado.
2. El contenido del dominio debe ser definido sin ambigüedad.
3. El contenido del dominio debe ser relevante para los objetivos de medida.
4. Jueces cualificados deben estar de acuerdo en que el dominio ha sido adecuadamente muestreado.
5. El contenido de las respuestas debe ser observado y evaluado fiablemente

De aquí, se entiende que las primeras dos condiciones sugieren una buena definición de dominio, entendiendo al dominio en su contexto psicológico y acotándolo en temáticas relacionadas con la enseñanza, más específicamente en términos de la evaluación, podría verse como los conocimientos, habilidades o destrezas que se desean medir [61]. La tercera condición, específica la interpretabilidad que se le pueda dar al test en términos de su puntuación. Finalmente, la cuarta y quinta condición, aluden a un muestreo representativo y una forma de puntuación precisa que permita la generalización. Así, autores como Sireci [62] relacionan dos fuentes principales que evidencian la validez de contenido: La definición y representación del dominio. La definición de dominio se entiende como la tabla de especificaciones del constructo, mientras que la representación de dominio abarca la relevancia de este, comprendida como el grado de idoneidad con el que un ítem es capaz de medir el constructo para el que se diseñó [62].

La validez de contenido se ha visto como un concepto cualitativo difícil de verificar empíricamente, el cual es examinado de forma separada e independiente, ya que a diferencia de sus pares (validez de constructo y validez criterio), este no se puede trabajar de forma conjunta [54]. En adición, la definición y conceptualización de este tipo de validez depende de la naturaleza y uso que se le dé al instrumento de evaluación. Por un lado, el instrumento puede tener diferentes funciones (diagnóstico, habilidad, comportamiento, etc.), lo que en determinados casos, impide que uno o más índices sean generalizables [63]. Así mismo, la validez de contenido puede variar entre poblaciones y

estar condicionada por un dominio particular, en donde muchos constructos tienen etiquetas similares, pero son representados por diferentes dominios [64]. Por consiguiente, la relevancia de la validez de contenido se encontrará ligada a la especificidad del constructor y el enfoque de las mediciones. De esta manera, se consensuan al menos cuatro elementos en los que se define la validación de contenido: Definición del dominio, relevancia del dominio, representatividad del dominio y adecuada construcción de la prueba [65].

2.4.1 Dominio

En el proceso de validación de contenido, se entiende a los dominios como los conceptos que se quieren medir [66]. En este sentido, una prueba que busque evaluar “operaciones aritméticas” tendrá validez de contenido si se incluyen todas estas: suma, resta, multiplicación y división; pero carecerá de la misma si solo incluye la suma. Aquí, el constructo que responde a “el entendimiento de las variables aritméticas” tendrá validez en tanto se incluyan más operaciones. Así pues, un instrumento de medición tiene que tener representados a todos o la mayoría de los componentes del dominio. En la Figura 1 se ilustra el concepto.

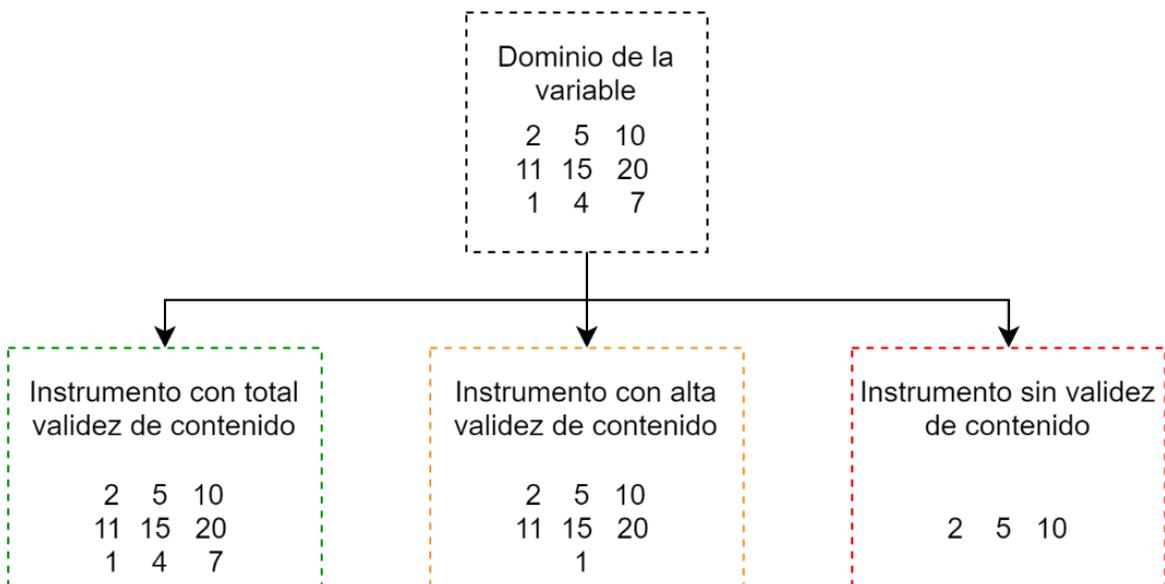


Figura 1. Validez de contenido de una variable. Recuadro rojo: No validez de contenido. Recuadro amarillo: Alta, pero no completa validez de contenido. Recuadro Verde: Validez de contenido completa. Adaptado de [66]

2.4.2 Juicio de expertos

Método que se caracteriza por disponer de una cantidad de “expertos” mediante los cuales se evalúa la relevancia y representatividad de los ítems incluidos en un instrumento. Los cuales, a través del uso de una escala tipo Likert, emiten juicios sobre el grado de relación entre los elementos y contenidos a ser evaluados [67]. Por lo que, como es de esperarse, supondrá un grupo de consideraciones relevantes de las cuales es importante destacar dos. En primer lugar, la apropiada selección de expertos, actividad en la que resulta fundamental analizar las características y experiencia que se espera posean, de tal forma que se encuentren relacionados con el o los constructos tratados [68]. Por otra parte, evitar, con el mayor grado posible, la introducción de sesgos al proveer información de las dimensiones que se pretende evaluar, ya que se puede correr el riesgo de “orientar” la valoración, provocando un incremento artificial de la utilidad y relevancia [69]. En tanto, el juicio de expertos se define como una opinión de personas con trayectoria, que son reconocidas y pueden dar información, evidencia y valoraciones sobre un conocimiento particular [70]. En donde Skjong y Wentworht sugieren cuatro criterios para llevar a cabo la selección [71]:

1. Experiencia en el área de conocimiento (investigaciones, publicaciones, premios, entre otras).
2. Reputación en la comunidad.
3. Disponibilidad y motivación para participar en el proceso.
4. Imparcialidad y cualidades inherentes (confianza, adaptabilidad, etc.).

Aun así, autores como Lobo y Bellido proponen como criterio básico únicamente la cantidad de publicaciones o experiencia [72]. En adición a esto, se debe considerar la cantidad de expertos a utilizar, donde si bien no hay consenso, algunos autores sugieren un rango estimado que varía entre dos y veinte dependiendo de la experticia de los vinculados [55].

2.4.3 Estrategias para la estimación de validez

En principio, el tipo de estadística que mejor se adapta a este tipo de problemas es la de correlación. Implementándose herramientas que permiten observar “que tan parecidas son

las opiniones/juicios de los diferentes jurados”, agrupando por otro lado las medidas parecidas. Dado que lo que se quiere alcanzar es la validez de contenido, es importante considerar aquellas estrategias que se adapten de mejor manera a lo que se quiere medir, basado en el tipo de datos que se obtienen de los instrumentos, y la versatilidad que este puede dar.

Dicho esto, Pedroza, Alvares y Cueto realizan un resumen de algunas estrategias que permiten, mediante la aplicación de escalas ordinales y nominales, dar evidencia de la validez de contenido a través del método basado en juicio de expertos [69]. En la Tabla 1 se muestran algunas de estas.

Tabla 1. Estrategias para la estimación de validez y su escala ideal.

<i>Estrategia</i>	<i>Tipo de datos que utiliza</i>
Índice de validez de contenido	Dicotómica
Índice de congruencia ítem - objetivo	Dicotómica
Índice de congruencia	Dicotómica
V de Aiken	Politómica
Escalamiento multidimensional y análisis de clusters.	Politómica
Método de capacidades mínimas	Politómica
Rango interpercentil ajustado a la simetría	Politómica
Coficiente de validez de contenido	Politómica
Índice de validez factorial	Politómica

2.4.3.1 Índice de validez de contenido (IVC)

Desarrollado como un índice empírico que busca relacionar el contenido de un instrumento de selección de personal con el desempeño laboral. Conocido como panel de evaluación de contenido, consiste en evaluar individualmente los ítems de un test mediante un grupo de expertos y, a través de los resultados, determinar que ítems son adecuados y deben mantenerse según permita la Razón de validez de contenido (RVC) [73]. En esta, se asigna a cada ítem una puntuación que, mediante el análisis puede otorgar una interpretación donde se contemplan tres posibilidades: que tan esencial, útil o innecesario es el ítem. Valoración a la que se aplica la siguiente expresión matemática:

$$RVC = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (1)$$

En donde n_e es la cantidad de expertos que otorgan la calificación de esencial al ítem y N, el número total de expertos.

Como se observa, el indicador podría verse como el promedio de la validez de contenido para cada uno de los ítems, por lo que su interpretación depende de la flexibilidad que se le quiera dar a la misma. En tanto, por un lado, es posible verlo a través del nivel de significancia estadística, teniendo que ser el RVC superior a una probabilidad asociada de 0.05 (o el grado de significancia que se le quiera otorgar) [74]. La otra posibilidad es la interpretación directa del índice, teniendo que ser superior a 0.80 para definir el ítem o conjunto de ítems como adecuados [75]. Aun así, estudios más actuales recalcan la importancia de interpretar el ítem dependiendo de la cantidad de expertos, de modo que, el valor crítico aumenta entre menos expertos se tienen. Por ejemplo, si se emplean 40 expertos, el valor mínimo admisible será 0.29, si se emplean 9, será 0.78, y si se tienen 7 o menos, el valor deberá ser 0.99 [55].

Una vez se ha calculado la RVC de todos los ítems y, se han aceptado los que tienen valores superiores a los mínimos propuestos, se procede a calcular el índice de validez de contenido (IVC) de los conjuntos de variables que se quiera, que se debe interpretar como la concordancia entre la capacidad en un dominio específico y el desempeño solicitado en la prueba que trata de medir dicho dominio, cuya expresión matemática es:

$$IVC = \frac{\sum_{i=1}^M RVC_i}{M} \quad (2)$$

Donde RVC es la razón de validez de contenido calculada para cada ítem y, M es el total de ítems que constituyen al constructo.

2.4.3.2 V de Aiken

Técnica basada en la opinión de N jueces para cuantificar la validez de contenido, o relevancia de un ítem con respecto a un dominio de este [76]. Su magnitud va desde 0 hasta 1; siendo 1 la mayor magnitud posible, indicando perfecto acuerdo entre los jurados. De manera que puede ser calculado sobre las valoraciones de un conjunto de jueces con

relación a un ítem o como las valoraciones de un juez con respecto a un grupo de ítems [77]. Valoraciones que pueden ser dicotómicas (0 – 1) o politómicas (0 a n).

La interpretación del coeficiente usa la magnitud encontrada y la significancia estadística determinada mediante las tablas de valores críticos que propone Aiken [78]. La ecuación (3), modificada por Penfield y Giacobbi es [79]:

$$V = \frac{\bar{X} - l}{K} \quad (3)$$

Donde \bar{X} es la media de las calificaciones de los jueces, l es la calificación más baja posible, y K es el rango de los valores posibles de la escala Likert implementada. Así, el resultado puede evaluarse haciendo uso de la tabla de probabilidades asociadas sugerida por Escurra [77], diseñada particularmente para variables dicotómicas, o, se pueden desarrollar pruebas de hipótesis de la prueba con respecto a un valor poblacional desconocido de V , denotado V_p . Por ejemplo, una escala quiere probar la hipótesis nula de obtener $V_p = 0.50$ contra la hipótesis alternativa de $V_p > 0.5$, en tanto, cualquier ítem para el cual se rechace la hipótesis nula contendrá un nivel suficiente de validez de contenido [80]. En este sentido, Aiken basa la prueba de hipótesis en una prueba binomial, proveyendo una tabla de valores críticos de V que rechazan la hipótesis nula $V_p = 0.5$ [78].

Si bien el proceso mencionado anteriormente ofrece algunas facilidades de interpretación, este posee varias limitaciones e inconvenientes dada la estructura planteada. Por una parte, los valores críticos de V sugeridos por Aiken solo son aplicables para la hipótesis nula $V_p = 0.5$, por lo que asumir criterios más rígidos (mayores a 0.7) dificultan el análisis. Por otra, el cálculo de las probabilidades binomiales es exhaustivo, por lo que, de no usar las especificaciones mencionadas dentro de la tabla, se deberá calcular dichas probabilidades usando algún software estadístico. En tercer lugar, la naturaleza discreta de los datos conduce a dificultades al realizar conclusiones inferenciales, particularmente cuando el número de evaluadores es pequeño, lo que conlleva a que los valores críticos de V no se ajusten de la mejor forma a la tasa de error tipo 1. Finalmente, dos complicaciones relacionadas a la prueba de hipótesis, por un lado, dicha hipótesis solo evidencia si V_p es igual o no a un valor particular, pero no muestra cual es el valor de V_p , por el otro, no provee información sobre la cercanía de V al desconocido valor V_p [79].

En respuesta en lo anterior, se desarrollan intervalos de confianza para V_p los cuales: (a) ofrezcan información sobre el valor de V_p ; (b) de información de la cantidad de error esperado al usar V para estimar V_p ; (c) permita la posibilidad de hipótesis alternativas dados los límites resultantes de V_p ; y (d) sea una forma de cálculo simple [79]. Así, los límites superior (U) e inferior (L) para un valor de confiabilidad de V_p se encuentran dados por las siguientes ecuaciones:

$$L = \frac{2nKV + z^2 - z\sqrt{4nKV(1-V) + z^2}}{2(nK + z^2)} \quad (4)$$

$$U = \frac{2nKV + z^2 + z\sqrt{4nKV(1-V) + z^2}}{2(nK + z^2)} \quad (5)$$

Donde z es el valor en distribución normal estándar; V el V de Aiken calculado; n el número de jueces; y K el rango de los valores de la escala Likert. En este contexto, una de las interpretaciones que se debería hacer de estos intervalos se encuentra relacionada con la capacidad real que tiene la V obtenida para estimar el V_p desconocido. Por lo que entre mayor distancia exista entre los intervalos menor será esta. De manera que se ha sugerido el uso de un máximo de 0.30 en esta para poder concluir validez [79].

2.4.4 Grado de acuerdo Inter jurado

Entendido como una medida de confiabilidad en algunos campos, representa la cantidad de acuerdo que hay entre las puntuaciones de dos o más jurados con respecto a algún elemento [81]. En donde el término “confiabilidad” en el área desarrollo de cuestionarios, se refiere a la habilidad de este para recolectar datos que produzcan resultados consistentes [82]. En este sentido, Cooper y Schindler afirman que *la confiabilidad contribuye a la validez, pero no es una condición suficiente para esta* [83]. De manera que la falta de confiabilidad puede deberse tanto a la divergencia entre observadores o instrumentos de medida, como a la inestabilidad del atributo que se está midiendo.

2.4.4.1 Brennan Prediger

Estadístico implementado para cuantificar el grado de acuerdo entre las medidas repostadas por dos o más observadores [84], dependiendo de la probabilidad de acuerdo observada (P_o) y la probabilidad de acuerdo esperada por el azar (P_e). En este sentido, la medida general de acuerdo corrijada por el azar se define de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$RCA = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad (6)$$

En donde Brennan y Prediger denominarían índice Kn [85] al coeficiente σ propuesto por Bennet [86], que sugiere un valor fijo de corrección por azar dado por la inversa del número de categorías (M). Resultado en la ecuación mostrada a continuación:

$$\sigma = \frac{P_o - \left(\frac{1}{M}\right)}{(M - 1)/M} \quad (7)$$

2.4.4.2 Ac Gwet

Estadístico utilizado cuando se quiere evaluar el grado de acuerdo entre múltiples jurados, se diferencia a otros debido a la manera particular que tiene para corregir el azar. De manera que teniendo presente la ecuación 6, la corrección se realiza de la siguiente forma [87]:

$$P_e = \frac{1}{Q - 1} \sum_{q=1}^Q \pi_q (1 - \pi_q)$$

Siendo,

$$\pi_q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{r_{iq}}{r}$$

Donde Q es el número de categorías en la escala, n el número de objetos o ítems evaluados y r_{iq} el número de jurado que estuvo de acuerdo en la calificación.

3 Análisis de Requerimientos

Durante el desarrollo de proyectos se entiende a un requerimiento como una condición o capacidad que un sistema debe cumplir para satisfacer una especificación [88], ayudando a establecer objetivos claros, verificables y medibles [89]. Así, en el proceso de ingeniería de requerimientos es ideal involucrar la mayor cantidad de actores posibles que faciliten considerar dentro de los objetivos del proyecto las características operativas que se esperan de la herramienta a construir [90]. En donde se establecen los servicios que el cliente espera del sistema y las restricciones bajo las cuales opera y es desarrollado. Los cuales deben ser especificados con precisión tal que no conlleven a interpretaciones ambiguas por parte de los usuarios y desarrolladores [91].

De lo anterior, es importante comprender que un pedido de un usuario o cliente no es lo mismo que un requerimiento, ya que no todos los deseos del usuario se convierten en requerimientos, pero todos los requerimientos se originan de dichos deseos [92]. En tanto, para que una solicitud se convierta en un requisito, esta debe ser documentada apropiadamente y el solicitante debe validarlo, teniendo presente que, los requerimientos siempre están en el entorno del sistema a desarrollar, nunca dentro de este. Así, los requerimientos se convierten en el documento esencial para llevar adelante las pruebas de aceptación, por lo que la calidad de estos tiene una influencia directa sobre el éxito o fracaso del proyecto en curso. En consecuencia, se podría inferir que entre más tiempo y recursos se dediquen a esta etapa, mejor será para el proyecto, afirmación que se matiza al considerar una limitación fundamental inherente a la construcción de cualquier software: Es imposible iniciar la construcción de una herramienta tecnológica teniendo la lista de requerimientos completa [93]. Esto es debido a motivos relacionados con comunidades de usuarios diversas, el entorno en el cual opera, la superación del estado del arte en cierto dominio, entre otros. En este contexto, Boehm y Papaccio calcularon que si cuesta \$1 localizar y solucionar un error durante la ingeniería de requerimientos, puede costar \$5 durante el diseño, \$10 durante la programación, \$20 durante las pruebas y \$200 después de la entrega del sistema [94]. De manera que calcular costos y tiempo para cualquier proyecto sin contar con una primera versión del documento de requerimientos es arriesgado.

El proceso comienza por la obtención de requerimientos y finaliza con la redacción del documento que los compila, siendo la etapa de validación una de las más importante, ya que cuando se lleva a cabo de manera correcta, permite ahorrar una cantidad considerable de dinero. Así, para la obtención de requerimientos será necesario que el personal encargado tenga un conocimiento del dominio de la aplicación suficiente para comprender el vocabulario del cliente, de lo contrario, el proceso se tornará largo. Por otra parte, es deber del o los ingenieros de software lograr que el cliente tenga absoluta claridad sobre el desarrollo, tal que pueda definir con precisión que espera de este.

Así mismo, se deberá determinar con la mayor exactitud posible la lista de interesados en el sistema, debido a que todos deberán participar de esta etapa o de la de validación. En donde esta última solo puede ser adelantada por el o los clientes, entendiéndose que una vez se ha obtenido un requerimiento, se le debe preguntar a este si ese requisito expresa su ideal. Por lo tanto, la validación de requerimientos trata esencialmente de preguntar a un representante del cliente si lo que escribió y definió el ingeniero es correcto o no, entendiéndose que el “cliente” no es necesariamente una persona.

De esta forma se llega a la definición de requerimientos, en donde la información recolectada se consolida en un documento organizado y estructurado, priorizando cada uno de estos requisitos apoyándose en la jerarquización dependiendo si estos deben ser absolutamente satisfechos; son deseables, pero no indispensables; y requerimientos posibles, pero que podrían eliminarse. Además, se puede establecer la calidad de cada uno de estos, refiriéndose a esta como la perdurabilidad que tienen en el tiempo tal y como están escritos [93].

Los atributos mostrados en la Tabla 2 permiten determinar con mayor facilidad la calidad de un requisito, al cual debe asignársele alguna de las siguientes categorías:

- El requerimiento no necesita más validación
- El requerimiento debe ser validado por al menos un interesado más
- El requerimiento deber validado por todos los interesados

3.1 Aplicaciones Web

3.1.1 Anatomía y Fisiología

La aplicación Web Anatomía y Fisiología (App1) desarrollada por GIBIC, tiene como objetivo principal proveer una herramienta de simulación que facilite la comprensión de las partes que componen el sistema respiratorio y cómo interactúan entre ellas. Esta aplicación se centra particularmente en las propiedades mecánicas de este, relacionándolas con las curvas más relevantes en el estudio clínico. Como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la App1 se compone por una sección de entrenamiento, una de evaluación y una de estadística (recuadro verde), ya que se busca que esta sirva también como soporte para la preparación de evaluaciones, permitiendo al docente verificar en que contenidos están teniendo mayor dificultad sus estudiantes.

La ayuda tecnológica se encuentra dividida en tres grandes “módulos” que son: Ventilación (recuadro rojo); Respiración (recuadro azul); Fisiopatología (recuadro amarillo) (Figura 2, iconos en parte superior derecha). Esta estructura se pensó bajo la concepción de un aprendizaje “progresivo” en el que el estudiante vaya desde la fisiología de un sujeto sano, hacia la de uno con alguna patología, dentro de Ventilación, se exploran componentes del sistema respiratorio junto a sus propiedades mecánicas, tal como es la distensibilidad o resistencia, tratando de ilustrar el efecto e impacto de estas a través del comportamiento de las señales ventilatorias de flujo, presión pleural, volumen, presión muscular y los bucles presión – volumen, y volumen – flujo. Este módulo proporciona una sección de controles que permite simular lo que ocurre cuando alguno de los parámetros es modificado.

Por otra parte, el módulo Respiración, se especializa en conceptualizar el proceso de intercambio gaseoso que se lleva a cabo en la zona alveolo – capilar, incorporando los parámetros más importantes para el análisis como lo es la presión arterial de oxígeno (P_{aO_2}), presión arterial de dióxido de carbono (P_{aCO_2}), presión inspirada de oxígeno (P_{iO_2}) presión alveolar de oxígeno (P_{AO_2}), presión alveolar de dióxido de carbono (P_{ACO_2}), entre otras. Incluyendo la ley de Dalton y curvas ventilatorias como lo es la de disociación de oxígeno y ventilación/perfusión, todo con el fin de explicar lo que ocurre

durante el proceso de respiración normal, añadiendo controles de simulación de parámetros ambientales como temperatura y altura sobre el nivel del mar.

Finalmente, el módulo Fisiopatología adentra al usuario en el análisis de enfermedades de alto impacto actual, tales como: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), ASMA y Síndrome de distrés Respiratorio (SDRA). Este módulo integra los análisis correspondientes al cambio en la fisiología de todos los parámetros y señales vistas durante Ventilación y Respiración.

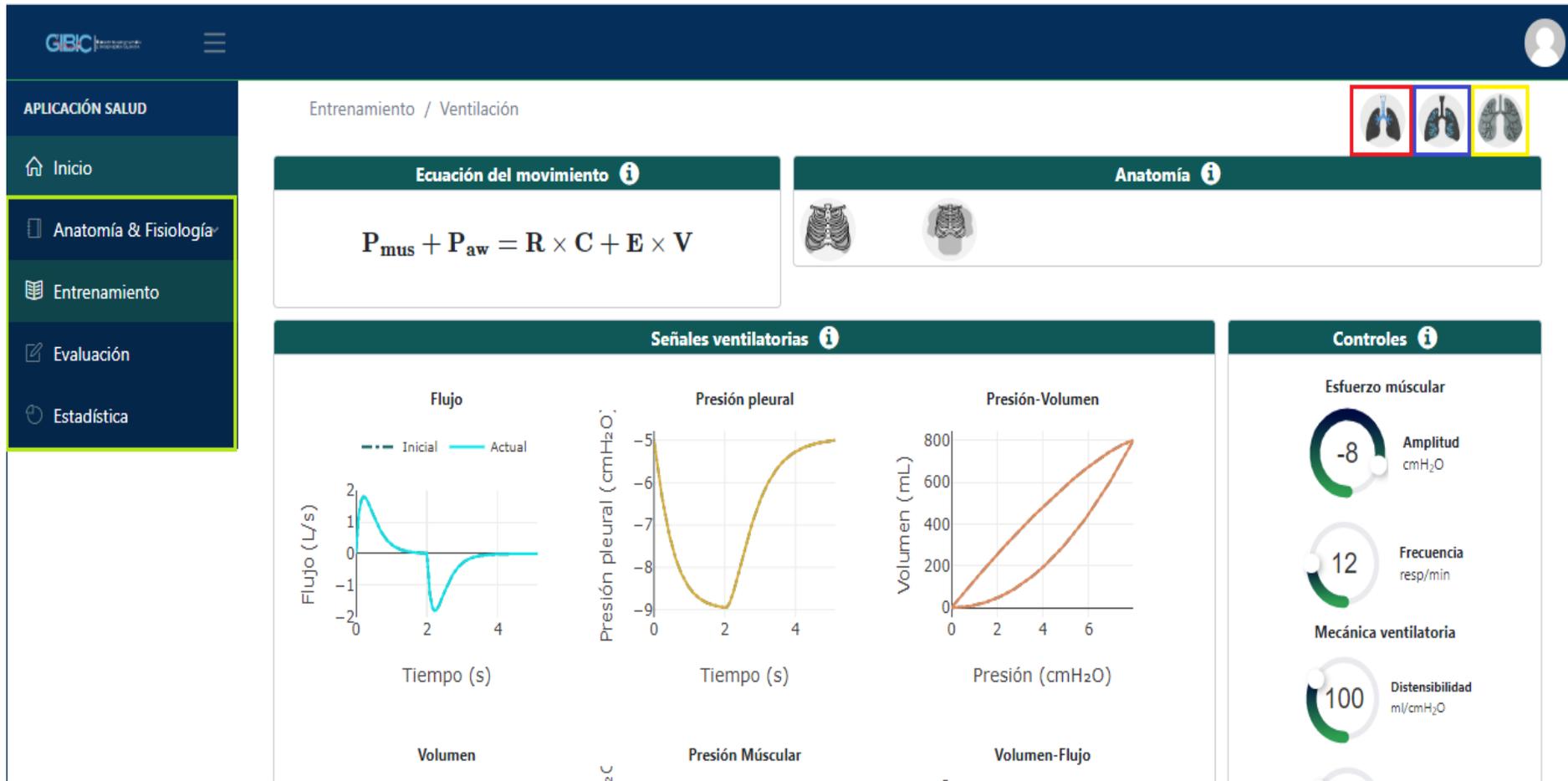


Figura 2. Aplicación Anatomía y Fisiología desarrollada por el grupo de investigación GIBIC. Necesita describir los iconos que se mencionan en el texto.

3.1.2 Pruebas Diagnósticas

La aplicación *Pruebas Diagnósticas* (App2) es una herramienta que se plantea como una ayuda para proveer un espacio didáctico que facilite la comprensión y ayude a mejorar la interpretación de las principales pruebas realizadas para evaluar el estado del sistema respiratorio. Por lo que se encuentra recomendada para aquellos usuarios que ya tengan unas bases sólidas de los contenidos relacionados con la fisiología del sistema respiratorio. Como se detalla en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la estructura general se mantiene, comprendiendo una sección de entrenamiento, una de evaluación y una de estadísticas (recuadro verde, Figura 3). No obstante, la distribución de los “módulos” es diferente, en donde los tres primeros abordan una prueba diagnóstica cada uno, mientras que el último es dedicado a la resolución de casos clínicos. Organizándose de la siguiente forma (Figura 3, parte superior derecha): Espirometría (recuadro rojo); Gases arteriales (recuadro azul); Radiografía de tórax y sonidos pulmonares (recuadro amarillo); Análisis de casos clínicos (recuadro gris).

Para Espirometría, se guía al alumno a través de los diferentes patrones ventilatorios: Obstructivo, Restrictivo y Mixto; especificando los valores de lectura que podrían indicar la presencia de alguno de estos. Además, mediante un gráfico de barras y la presentación de las curvas espirométricas, se trata de ofrecer una herramienta que facilite al estudiante la discriminación entre dichos patrones a partir del análisis de resultados de la prueba. En segundo lugar, Gases arteriales proporciona una metodología basada en la comparación, en donde el estudiante pueda observar las diferencias que hay entre los principales valores medidos en la prueba, tales como pH, PaO₂, PaCO₂ y HCO⁻, y los diferentes patrones, teniendo como referencia el modelo de Henderson - Hasselbach. De igual manera, Radiografía de tórax y sonidos, utiliza la comparación entre placas radiográficas, para tratar de ayudar a discriminar. Módulo en el que se añaden descripciones que complementen y soporten las interpretaciones que se puedan dar. Finalmente, Análisis de casos clínicos, se plantea como un híbrido entre todas, ya que tiene como objetivo estudiar y describir algunos casos clínicos, llevando al usuario, paso a paso, por la implementación e interpretación de cada una de las pruebas vistas, resaltando en qué momento y para que pacientes es pertinente cada una de estas.

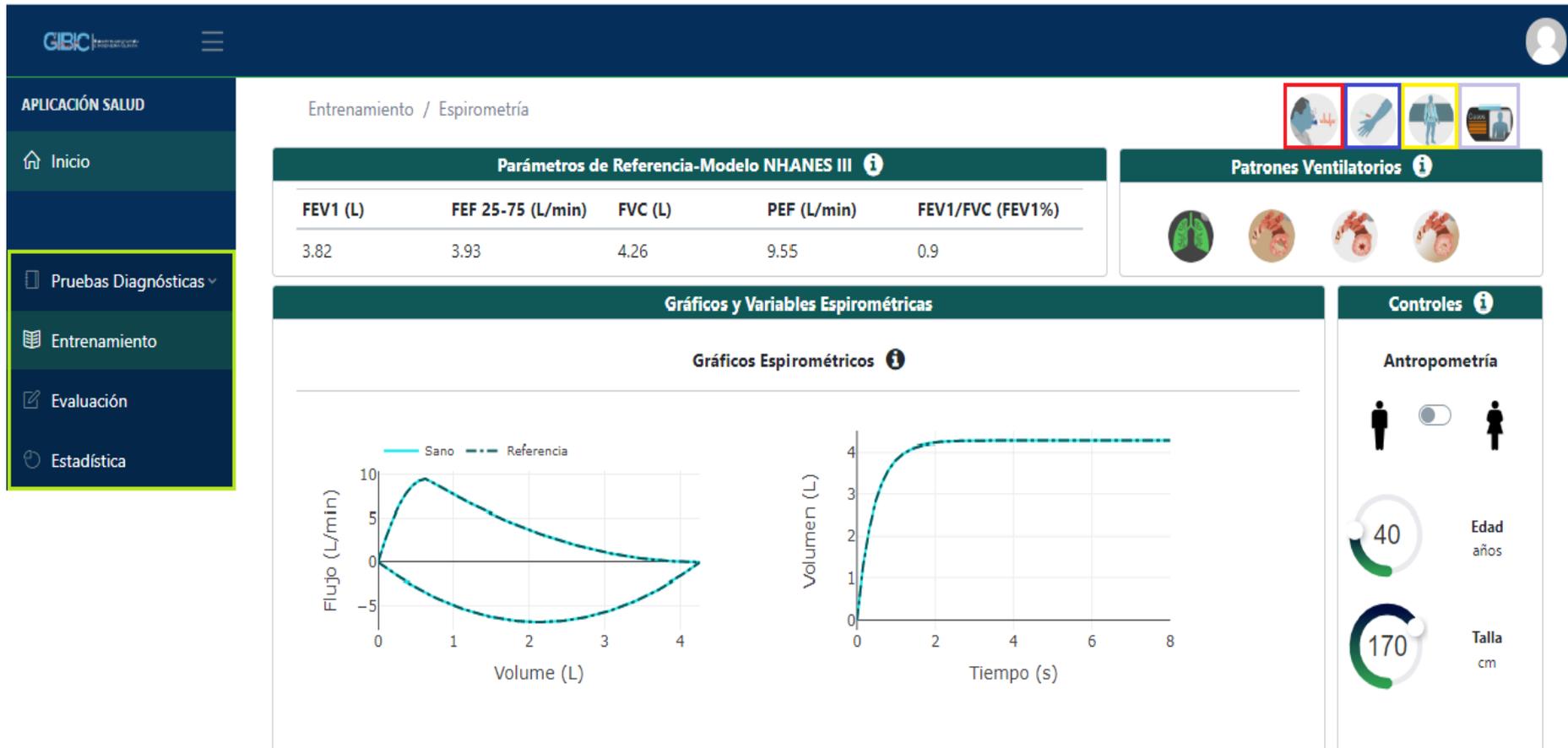


Figura 3. Aplicación Pruebas Diagnósticas desarrollada por el grupo de investigación GIBIC.

3.2 Metodología

El desarrollo para el análisis de requerimientos de las dos aplicaciones se compuso por las siguientes fases:

1. Revisión y definición del grupo de requerimientos a levantar
2. Especificación de las fases para el proceso de levantamiento de requerimientos
3. Definición de los actores que se encontrarán vinculados en cada etapa
4. Precisión de las estrategias para elicitación de los diferentes tipos de requerimientos
5. Diseño de los instrumentos
6. Levantamiento de requerimientos
7. Definición de los criterios de aceptación. Fase que contó con la aprobación del comité de ética de la facultad de medicina de la Universidad de Antioquia, Medellín (F -017 -00, Acta No. 011).

Tabla 2. Atributos para determinar la calidad de los requerimientos [93].

<i>Atributo</i>	<i>Especificación</i>
Correcto	El requerimiento apunta a soportar el negocio detrás del sistema como fue mencionado por el cliente
Completo	El requerimiento está enunciado en un único lugar y no falta información
Consistente	El requerimiento no contradice ningún otro requerimiento y es coherente con cualquier otra información relevante
Observable	El requerimiento habla de una característica del sistema que es observable y experimentable por el usuario.
Factible	El requerimiento puede implementarse dentro de los límites del proyecto.
No ambiguo	El requerimiento está enunciado de forma clara y concisa utilizando el vocabulario adecuado

Inicialmente se adelantó una búsqueda de las materias relacionadas con las aplicaciones a desarrollar, identificando los contenidos temáticos y estructuras que estas abordan para el proceso de enseñanza del sistema respiratorio. Detallando el número de horas teóricas y prácticas que los estudiantes dedican al estudio de cada una de dichas temáticas. En donde las asignaturas seleccionadas enmarcaban dentro de su currículo el abordaje del desarrollo fundamental teórico del sistema respiratorio o pruebas diagnósticas orientadas

a éste. Así, se evaluaron 65 materias vinculadas a programas de educación superior relacionados con las ciencias de la salud ofertados por universidades de alta calidad como son: la Universidad de Antioquia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad CES, Universidad Santiago de Cali, Universidad Cooperativa de Colombia, Corporación Universitaria Remington, entre otras.

Levantamiento de requerimientos. El proceso de ingeniería de requerimientos planteado para el presente trabajo se basa en las siguientes seis acciones:

1. Administración, para el manejo y control de los procesos adelantados.
2. Elicitación, para la obtención de información de todos los posibles requisitos que se puedan levantar para el desarrollo de la herramienta.
3. Análisis, para seleccionar aquellos requisitos que faciliten la construcción de una ayuda complementaria, que relacione las necesidades y solicitudes de potenciales usuarios finales.
4. Documentación, para la especificación de los criterios de aceptación de cada uno de los requisitos que se consideraron fundamentales.
5. Validación, para discutir, en conjunto al grupo de desarrollo, si los requisitos levantados son ejecutables y alcanzan para cumplir con el objetivo final de la aplicación.
6. Priorización, en donde se indica el impacto de los diferentes requerimientos y se jerarquizan por importancia.

como muestra la Figura 4, se vinculó a diferentes actores en cada una de las fases mencionadas, considerando su potencial aporte para el desarrollo fluido y adquisición de información. En este sentido, la administración es designada a un único participante que realiza actividades relacionadas con organizar, coordinar y mantener el acuerdo entre el cliente y equipo sobre los cambios en los requerimientos. Mientras que la elicitación, análisis, documentación, validación y priorización incluían un grupo de actores que se encontraban relacionados a través del investigador.

3.2.1 Elicitación

Requerimientos de contenido. La elicitación de requerimientos de contenido se realizó mediante la revisión de microcurrículos descrita y la aplicación de entrevistas

semiestructuradas, las cuales permitieran precisar las temáticas que mayor relevancia y dificultad presentaran según la percepción de los profesionales de la salud con experiencia docente, tanto para enseñar como para aprender. Incorporándose al estudio diez profesionales que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión:

1. Profesional en el área de la salud.
2. Profesional con experiencia y manejo del sistema respiratorio.
3. Profesional vinculado a alguna institución de enseñanza (Universidad u hospital).
4. Profesional con experiencia docente.

El documento guía (ver Anexo 6) para la entrevista está compuesta por preguntas agrupadas en los siguientes elementos: Experiencia profesional y docente, temáticas de difícil enseñanza, material de estudio, conocimiento y uso de simuladores o aplicaciones web, estrategias de evaluación y, evaluación docente. En donde, como se observa en la Figura 5, algunas de estas fueron jerarquizadas con el objetivo de filtrar los contenidos extraídos durante la revisión de microcurrículos, de manera que al final de este proceso fuera posible agruparlos en contenidos fundamentales, los cuales dan origen a los requerimientos de contenido levantados para el desarrollo de las aplicaciones.

Requerimientos pedagógicos. Teniendo presente la idea de generar aprendizaje significativo, el levantamiento de este tipo de requisitos se basó en el estudio de los modelos pedagógicos más utilizados en Instituciones de Educación Superior en Colombia, identificando las características individuales de cada uno de estos y su potencial uso en la construcción de ayudas tecnológicas que soporten el proceso de enseñanza – aprendizaje. Como se observa en la Figura 6, se filtraron conforme se resolvieron las siguientes preguntas:

1. ¿Útil para implementar en aplicaciones web?
2. ¿Facilita mostrar el contenido objetivo?
3. ¿Compatible con las estrategias de aprendizaje?
4. ¿Útil en el área de conocimiento?
5. ¿Objetivo final de la aplicación?
6. ¿Características esperadas de la herramienta?

Preguntas que se encontraban divididas en dos grandes grupos: El primero enfocado en explorar la utilidad del modelo y su uso en programas relacionados con las ciencias de la

salud (1 – 4), y el segundo, centrado en analizar si para el objetivo de final de la ayuda era útil implementarlo (5 y 6).

Requerimientos funcionales. El desarrollo de este conjunto de requerimientos se basó en la búsqueda y comparación de aplicaciones similares disponibles en el mercado que fueran implementadas de manera activa tales como lecturio, PLM pulmón, prognosis: your diagnosis, entre otras. Las herramientas tenidas en cuenta cumplían con los siguientes criterios de inclusión:

1. Aplicación móvil o web
2. Herramienta para las ciencias de la salud
3. Herramienta que con mínimo un módulo enfocado en el sistema respiratorio.

Como se observa en la Figura 7, se realizó una comparación entre todas estas ayudas tecnológicas, identificando para cada una de estas sus funcionalidades comunes y sus características particulares (ingreso de usuario, percepción de avance, módulos de evaluación, sección de entrenamiento). En donde para éstas últimas se denotaron sus ventajas como puede ser la inclusión de roles y oportunidades de evaluación, y desventajas tales como la falta de elementos interactivos o simulación . Lo anterior con el objetivo de encontrar aquellos elementos adicionales que pudiesen darle a la herramienta en desarrollo un mejor comportamiento y utilidad.

Requerimientos no funcionales. A partir de los requerimientos funcionales se especificaron los requerimientos no funcionales, resaltando todas las características de desempeño e interfaz que se consideraron importantes para mostrar, de manera eficiente, todos los contenidos propuestos.

Requerimientos de sistema. Se realiza el levantamiento de requerimientos de sistema, pesando en los principales sistemas operativos, tal que la herramienta pueda utilizarse desde cualquier dispositivo bien sea teléfono inteligente o computador.

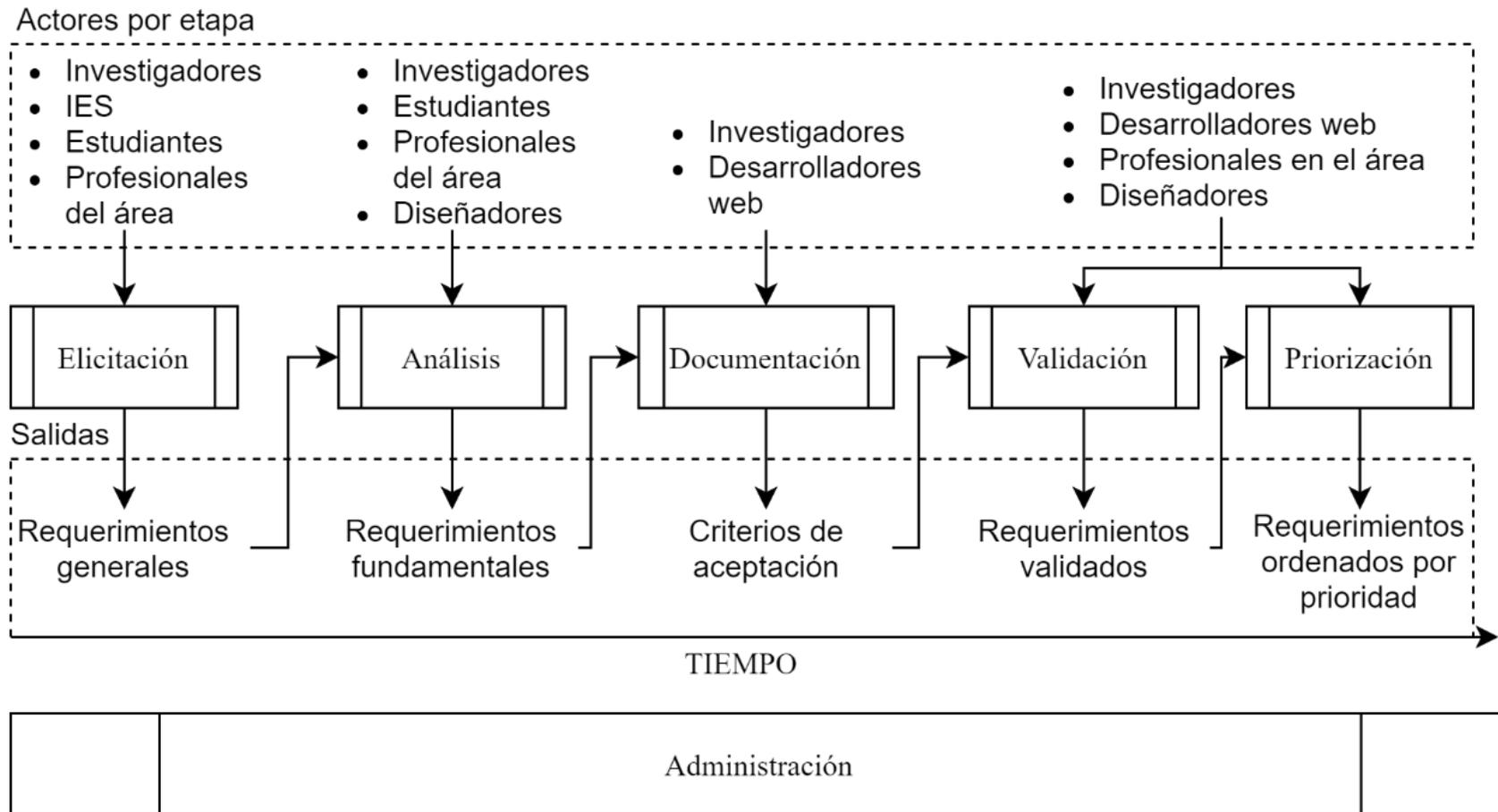


Figura 4. Metodología levantamiento de requerimientos. Se observan las diferentes fases del proceso de ingeniería de requerimientos con los actores involucrados en esta, considerando la línea de tiempo y los productos esperados de cada una de las fases.

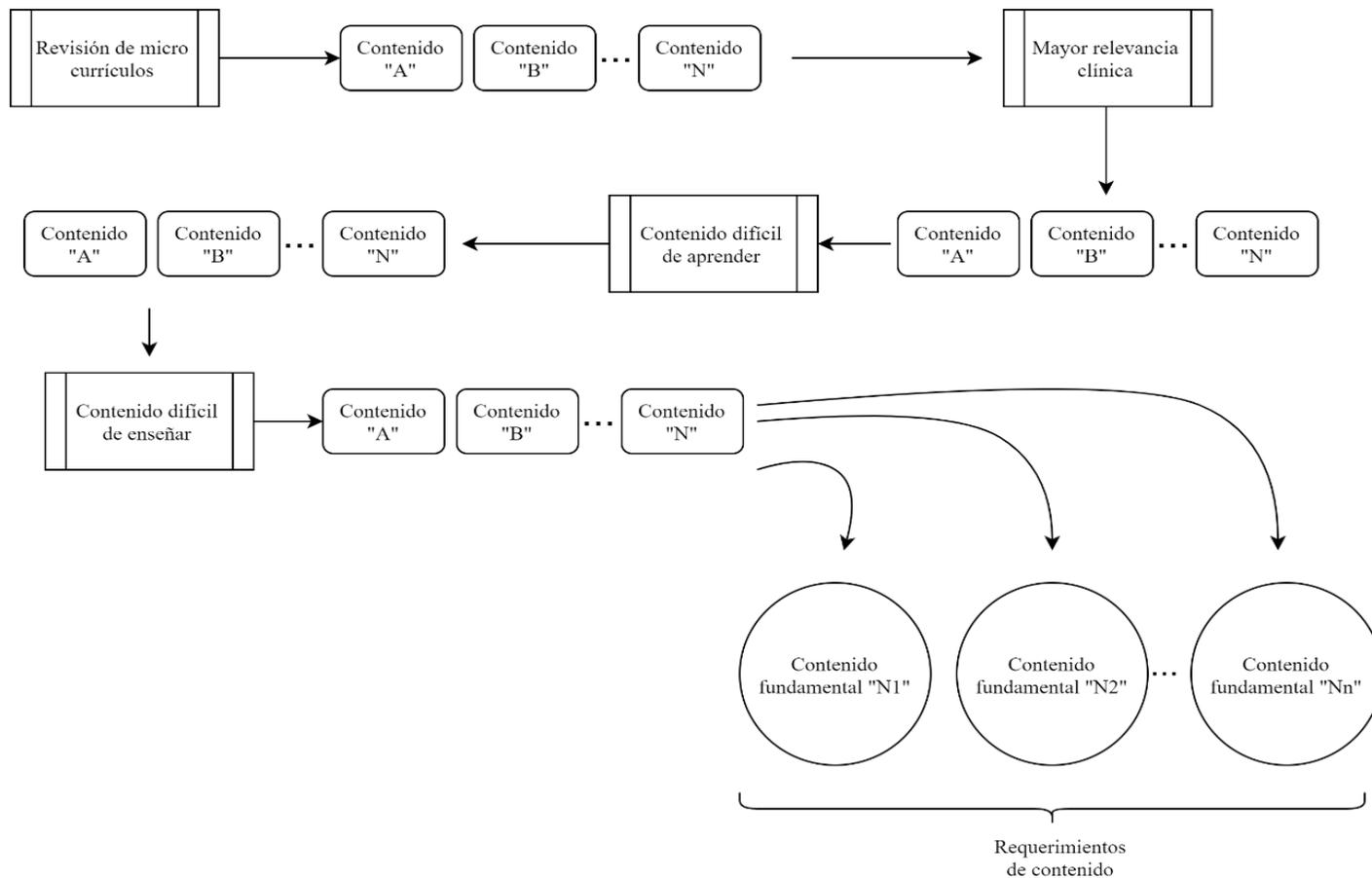


Figura 5. Metodología para el levantamiento de requerimientos de contenido. Cada una de las cajas representa un filtro realizado a los contenidos que se tenían de base, lo cuales provienen del análisis de microcurrículos. Así, el primer filtro que se realiza es considerar cuales de estos presentaban mayor relevancia clínica, en segundo lugar, cuales se les dificultaba aprender a los alumnos y en tercer lugar cuales se les dificultaba enseñar a los docentes (información proveniente de las entrevistas). Finalmente se agrupan en lo que se denominó contenidos fundamentales que dan origen a los requerimientos de contenido.

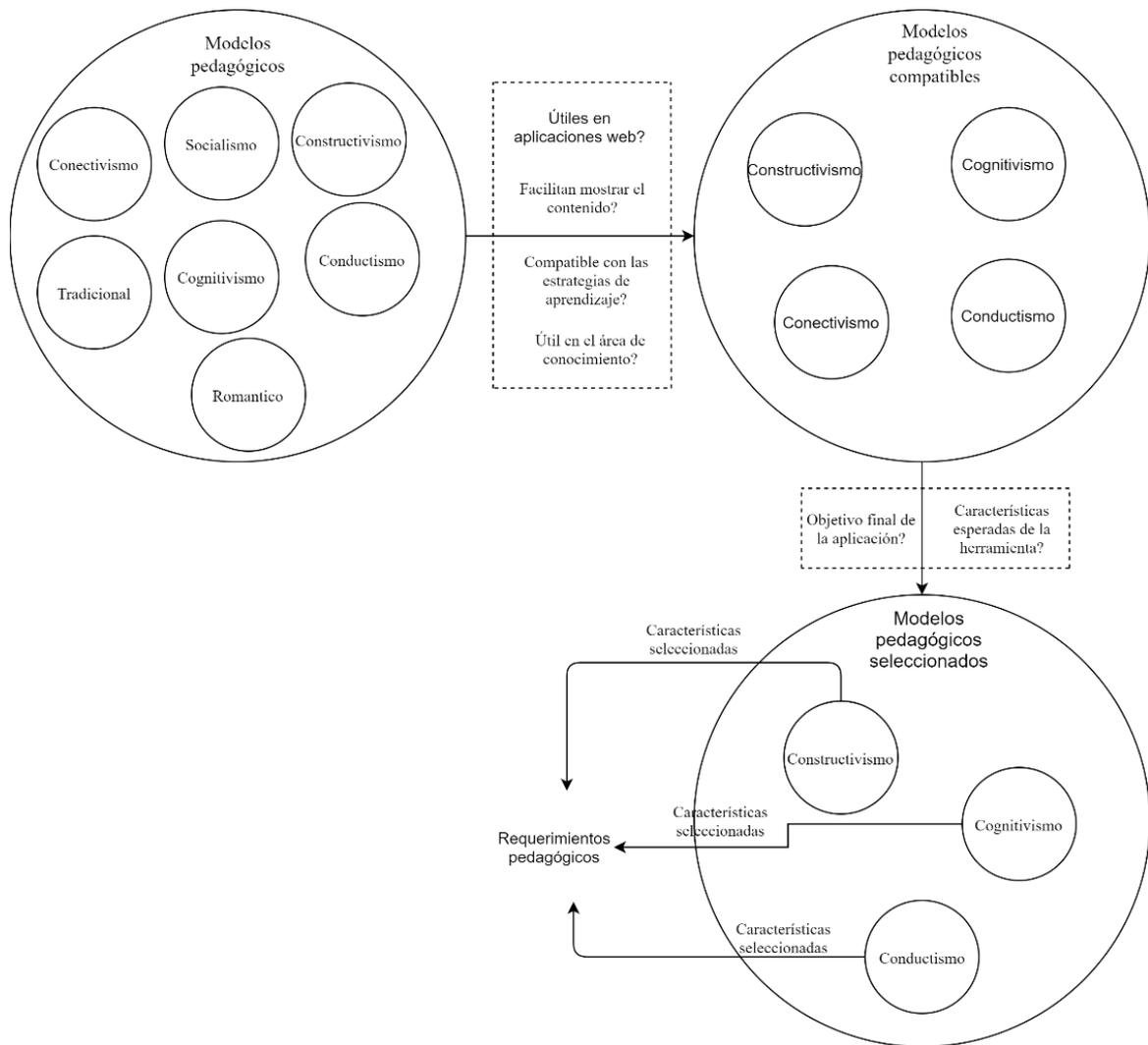


Figura 6. Metodología para el levantamiento de requerimientos pedagógicos. A partir del análisis de dos conjuntos de preguntas, el primero enfocado en la utilidad de los modelos en el área y su uso en aplicaciones web, y el segundo centrado en el objetivo final de la herramienta, se busca seleccionar aquellas características particulares que puedan tomarse en cuenta de cada modelo.

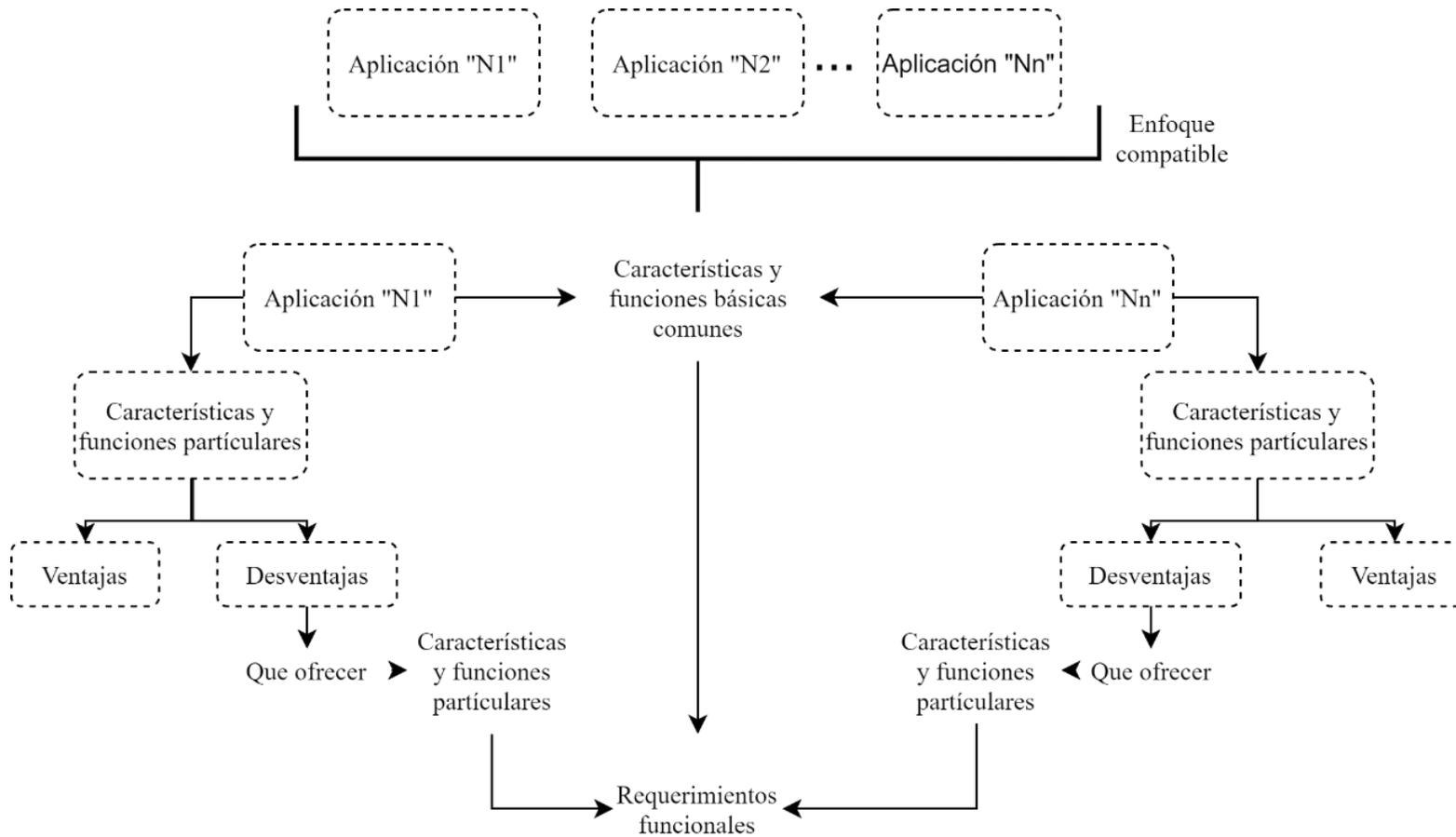


Figura 7. Metodología para el levantamiento de requerimientos funcionales. Desde la comparación de 2 o más herramientas se evidencia la estrategia seguida para identificar las ventajas y desventajas que permitan levantar todos los mejores requerimientos posibles. Identificando oportunidades de mejora que dan factores diferenciales a la ayuda en desarrollo

3.2.2 Análisis

En esta etapa se seleccionaron los requisitos que se consideraron vitales para el desarrollo de la herramienta. Para lo cual se reunió un equipo de trabajo compuesto por ingenieros de software, ingenieros de requerimientos (quienes proveían información de estudiantes, docentes e instituciones de educación superior), diseñadores gráficos, desarrolladores de contenido, entre otros, que evaluó, basado en los deseos de los usuarios y herramientas disponibles, todos los requerimientos levantados y, en conjunto, definió cuales de estos podría conllevar a un desarrollo más completo de la ayuda tecnológica, teniendo en cuenta las limitaciones que está tendría debido al tiempo y equipo de desarrollo disponible.

3.2.3 Documentación

Fase en la que se redactaron los diferentes requisitos en conjunto a los criterios de aceptación planteados para cada uno de estos. Vinculando exclusivamente a los investigadores encargados de la ingeniería de requerimientos, quienes mediante análisis cruzado de opiniones plasmaron las solicitudes de los potenciales usuarios en requerimientos ejecutables. Dando como resultado el documento de requerimientos mediante los cuales se evaluará la aplicación una vez se finalice.

3.2.4 Validación

Mediante un grupo de reuniones en las que se incluyeron a la mayor cantidad de actores relacionados al proyecto (desarrolladores web, diseñadores, distribuidos, investigadores, estudiantes), se discutió el documento y cada uno de los requisitos planteados por los investigadores a cargo de la ingeniería de requerimientos. En donde se buscaba verificar si la forma en la que se plantearon dichos requisitos cumple con los deseos y necesidades sugeridas por los potenciales usuarios finales.

3.2.5 Priorización

Etapa en la que se vincularon desarrolladores de software (4) y diseñadores (2) para posicionar y dar una “categoría” a cada uno de los requerimientos pensando en las metas a corto plazo y aquellos que deben ser desarrollados con mayor urgencia, como pueden ser algunas funcionalidades de simulación y los que pueden esperar como el ingreso a usuario, de manera que se pudieran priorizar aquellos que son vitales para el correcto funcionamiento de la herramienta en desarrollo.

3.3 Resultados

El desarrollo del proceso de ingeniería de requerimientos planteado para las aplicaciones Anatomía y Fisiología, y Pruebas Diagnósticas se basó en los siguientes cinco grupos de requisitos:

1. Requerimientos de contenido, que facilitaran la comprensión e integración de aquellos elementos y conocimientos que fueran relevantes para la práctica clínica, los docentes y estudiantes.
2. Requerimientos pedagógicos, para establecer las estrategias y estructuras mediante las cuales se mostrarán los diferentes contenidos.
3. Requerimientos funcionales, que clarificaran las funciones fundamentales y específicas que debería tener la herramienta.
4. Requerimientos no funcionales, para definir parámetros de calidad y rendimiento que incluirá la aplicación.
5. Requerimientos técnicos, mediante los cuales se establecieran las especificaciones mínimas relacionadas con los ambientes sobre los cuales funciona la ayuda tecnológica.

Dichos requisitos fueron organizados de manera jerárquica (ver Figura 8) considerando la importancia especificada otorgada a cada uno de estos (baja, media, alta). Importancia que se estableció dependiendo del efecto que podría tener uno sobre otro, basándose en el objetivo particular de la herramienta y la estructura considerada para su construcción. Aquí, una modificación importante en un requerimiento de alto nivel generará un efecto

“cascada” de cambios sobre requisitos de distintos niveles. Por otra parte, un cambio sobre uno de bajo nivel solo afectará a aquellos dentro de su mismo subgrupo.

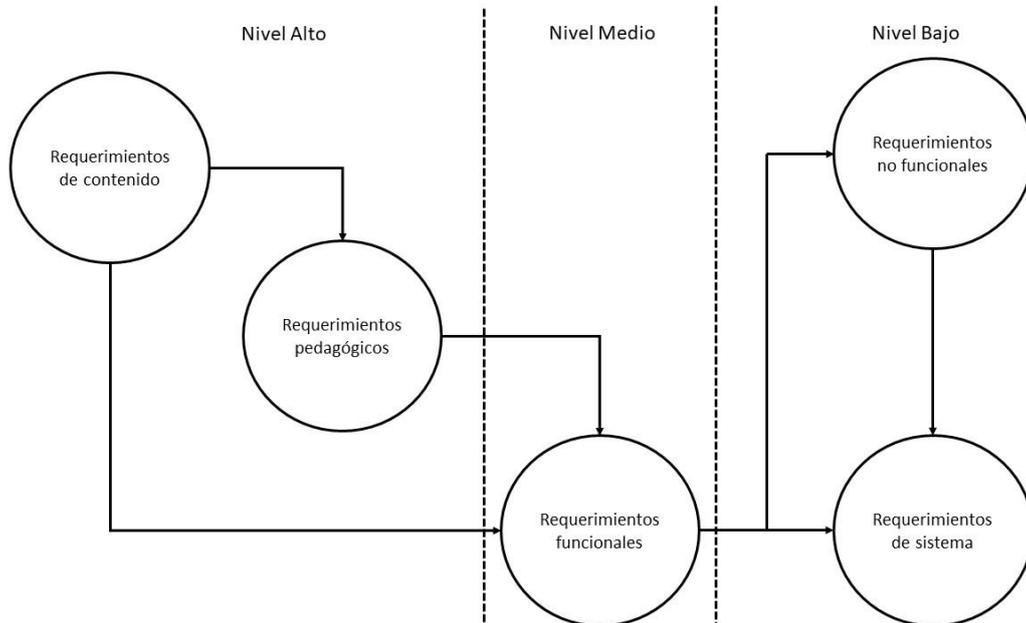


Figura 8. Jerarquización de los requerimientos. En el alto nivel se encuentran quienes podrían afectar de manera más significativa los otros, considerando que un cambio en estos podría implicar una cascada de cambios sobre los otros. De la misma forma el nivel medio indica quienes podrían generar cambios sobre los de bajo nivel, pero no sobre los de alto. Finalmente, los de bajo nivel quienes solo se afectan entre ellos.

Considere, por ejemplo, que se levantó un *requerimiento de contenido* que especifica lo siguiente: La aplicación debe incluir las operaciones matemáticas. De aquí se debe especificar la manera en la que se mostrará dicho contenido, por lo que se proporciona el siguiente *requerimiento pedagógico*: El módulo relacionado a las operaciones matemáticas considera un orden de aprendizaje para el estudiante. Entendiendo que este tendrá que ir escalando en el conocimiento, de manera que no podrá acceder de forma aleatoria a lo que este desee si no que avanzará dependiendo de su competencia en las temáticas previas a la siguiente. De esta forma se provee el siguiente *requerimiento funcional*: El módulo relacionado a las operaciones matemáticas vinculará la simulación. Esta función particular se considera útil para el entendimiento de esta temática. Finalmente, se precisa como *requerimiento no funcional*: que la respuesta de simulación sea inferior a los 0.5 segundos y como *requerimiento de sistema* que el módulo funciona en plataformas IOS y Android.

Lo anterior estaría bien planteado dependiendo de lo que el usuario que transmitió su deseo considere que son operaciones matemáticas, ya que por un lado se podría decir que se refiere a la suma, resta, multiplicación y división, las cuales cambian dependiendo del tipo de elementos que se tengan (números, vectores, matrices). Por otra parte, dentro de su concepción puede ser que, al referirse a operaciones matemáticas, este no alude solo a las operaciones básicas sino también a algunas adicionales como pueden ser potenciación, radicación y logaritmicación. En tanto, si por alguna razón fuese necesario modificar el requerimiento de contenido, habría que analizar qué significa esto para el resto de requisitos. En donde, por ejemplo, el requerimiento pedagógico hibride poder ingresar de manera aleatoria a algunas operaciones y de manera escalonada a otras, lo cual puede llevar a que la simulación ya no sea tan efectiva por lo que será necesario, de la misma manera, hibridar. Por consiguiente, será necesario añadir algún otro requerimiento no funcional dependiendo de lo que especifiquen los funcionales. Por otro lado, si lo que se cambia es un requerimiento no funcional, esto no implicaría nada a nivel de contenido o pedagógico, pero puede afectar al de sistema.

El ejemplo anterior evidencia la importancia de jerarquizar (Figura 9), en donde se genera una sub agrupación “natural” entre los actores vinculados al proceso de ingeniería de requerimientos. Como se observa en la Figura 9, los investigadores (encargados de este proceso) tienen por objetivo recabar y recolectar las solicitudes de los diferentes potenciales usuarios, llevando dichos deseos a requisitos que serán posteriormente discutidos con los desarrolladores y diseñadores web, tal que estos validen la ejecutabilidad de funciones e interfaces gráficas teniendo en cuenta los ambientes de desarrollo disponibles. Adicional a lo anterior, es necesario discutir la calidad de requerimiento en la se clasificarán considerando el tiempo de ejecución que tiene el proyecto y los recursos disponibles para este.

Por último, resaltar que, si bien existe un grupo de actores principales para el levantamiento de cada grupo de requerimientos, esto no implica que no se tenga en cuenta la opinión de otros, la cual debe ser llevada de manera efectiva, clara y concisa por el investigador a cargo del proceso, siempre realizando constante realimentación con los potenciales usuarios finales.

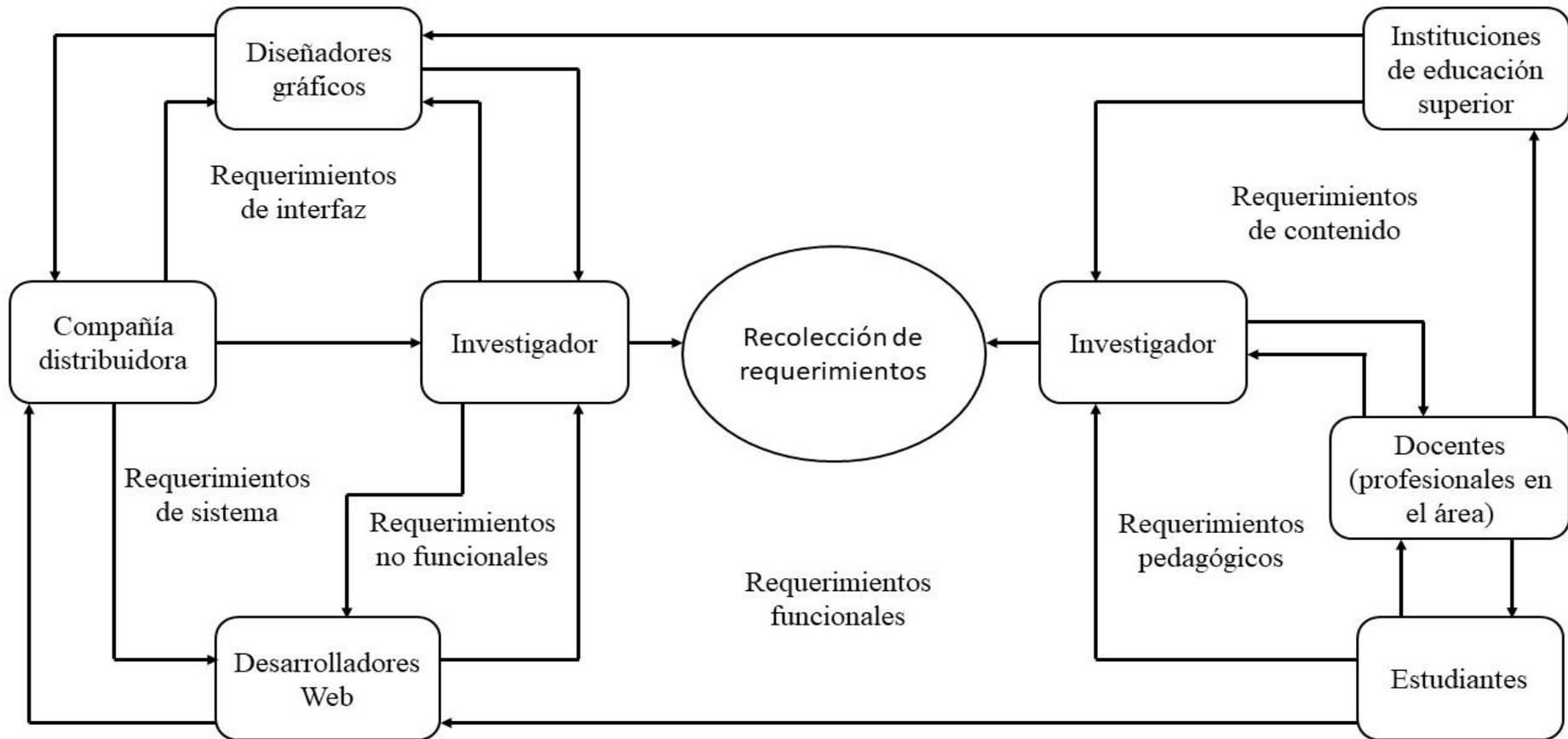


Figura 9. Relación entre los actores y requerimientos. Los actores incluidos en cada etapa delimitan los requisitos; las flechas indican la dirección y forma de interacción.

3.4 Levantamiento de requerimientos

Se realizó la revisión de 65 materias relacionadas a los programas de Medicina, Enfermería y Terapia Respiratoria. En donde se agruparon los conocimientos en cinco grupos principales: Anatomía y Fisiología, pruebas diagnósticas, trabajo respiratorio, ventilación mecánica básica y configuración del ventilador mecánico (los tres últimos relacionados con aplicaciones web no abordadas en este trabajo de investigación). Cabe aclarar que el microcurrículo de una materia podría estar conformado por temáticas que aplicaran a uno o más grupos de los mencionados. Dichos grupos fueron especificados por el personal a cargo pensando en un conjunto de herramientas que permitieran soportar diferentes niveles de conocimiento.

La Figura 10 resume los resultados obtenidos durante el estudio, observándose que la mayoría de los microcurrículos (49%) aborda temáticas que están directamente relacionadas con la aplicación web de Anatomía y Fisiología del sistema respiratorio, seguido de contenidos que son necesarios para la comprensión e interpretación de pruebas diagnósticas de patologías asociadas al sistema respiratorio (17%). Resalta que tan solo el 5% contiene dentro de sus microcurrículos temáticas de configuración del ventilador mecánico.

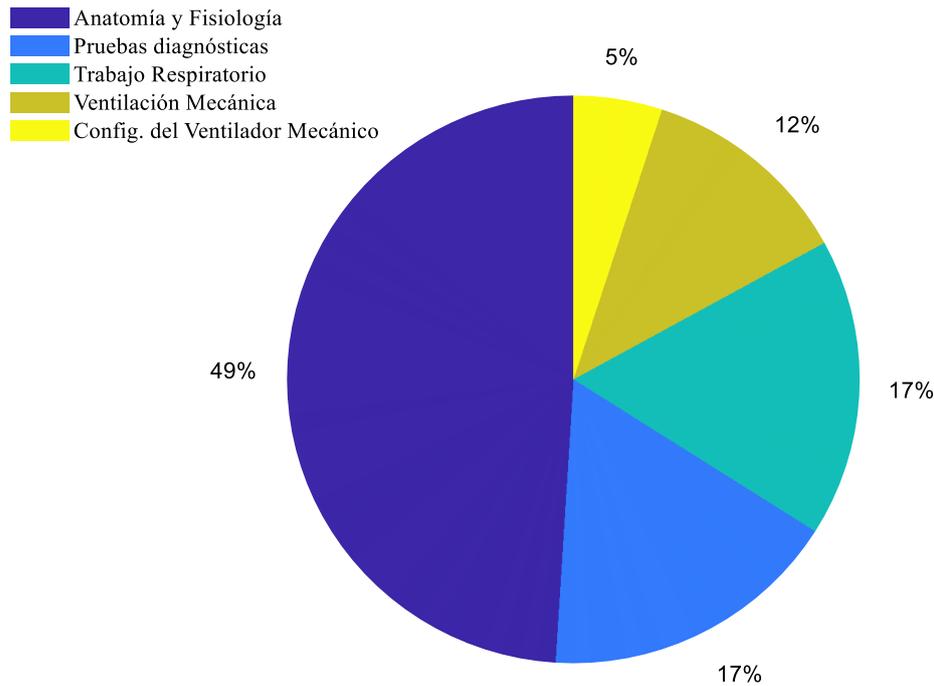


Figura 10. Resumen de los contenidos de los microcurrículos analizados de 65 materias relacionadas a los programas de Medicina, Enfermería y Terapia Respiratoria.

Lo anterior, en conjunto a las entrevistas semiestructuradas realizadas (ver Anexo 6), permitieron establecer cuáles de la subtemáticas son las más relevantes y difíciles de enseñar según la percepción de los profesionales con experiencia docente. Profesionales expertos en diferentes áreas de profundización (Cuidado intensivo, fisiología, terapia respiratoria, anestesia, entre otras) permitieron analizar y registrar diversas posturas considerando el área de experticia no solo profesional sino en docencia (10).

Es así como, para la aplicación Anatomía y Fisiología se obtuvo que el mayor interés (ver Figura 11) se encuentra en el modelado del sistema respiratorio (38%), incluyéndose a esta ecuación del movimiento, señales ventilatorias (flujo, presión pleural, bule presión volumen, entre otros) y mecánica ventilatoria. En segundo lugar de interés, con 31%, el proceso de intercambio gaseoso, teniendo en cuenta las variables más relevantes para este como son: presión arterial de oxígeno, presión alveolar de oxígeno, presión arterial de dióxido de carbono y presión inspirada de oxígeno. Integrándose además algunas señales respiratorias: curva de disociación de oxígeno y curva de ventilación perfusión. Finalmente, el análisis del espacio muerto y la comparativa normal versus patológico, con 8% y 23%, respectivamente. Para esto se tuvieron en cuenta tres enfermedades de alto impacto a nivel mundial: Asma, EPOC y SDRA.

De la misma forma, los resultados obtenidos para la aplicación pruebas diagnósticas, resaltándose especialmente la prueba de Espirometría (34%), no porque los profesionales vinculados la resaltarán por extrema dificultad, si no por su impacto y uso en la clínica. De igual manera ocurre con la prueba de gases arteriales y sonidos pulmonares, cada una con 22%. Por otra parte, el caso de la radiografía de tórax se considera una temática de difícil aprendizaje para la mayoría de profesionales.

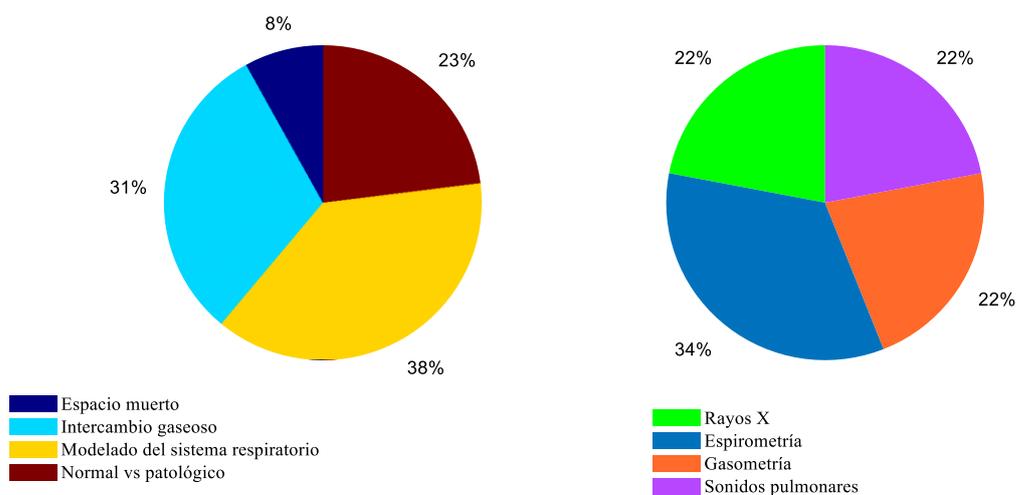


Figura 11. Resultados encuestas aplicación Anatomía y Fisiología (izquierda), y Pruebas Diagnósticas (derecha).

Teniendo en cuenta lo anterior se levantaron los requerimientos de contenido que se muestran la Tabla 3 y Tabla 4. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en donde se observa cómo se trató de traducir la información encontrada a requisitos con criterios de aceptación verificables. la herramienta trata de incluir cada uno de los elementos mencionados teniendo presente la profundidad requerida para darse por cumplido el requisito. Esto implica que no basta con solo tener alguna sección en la herramienta tecnológica, sino que se debe contener la suficiente información o elementos didácticos que soporten el proceso de enseñanza – aprendizaje. Así, para la aplicación Anatomía y Fisiología, se levantaron seis (6) criterios de aceptación mediante los cuales se cree podrán cumplir las expectativas de los potenciales usuarios finales.

Tabla 3. *Requerimientos de contenido y criterios de aceptación aplicación Anatomía y Fisiología.*

Requerimiento	Criterio de aceptación
Estructura del sistema respiratorio	La aplicación contiene imágenes y elementos interactivos que ayudan a la comprensión del total de las estructuras del sistema respiratorio
Función del sistema respiratorio	La aplicación explica de manera clara la función del sistema respiratorio y la interacción de las estructuras que lo componen
Señales ventilatorias	La aplicación relaciona las señales ventilatorias más relevantes y su relacionamiento con el estado del sistema respiratorio
Propiedades mecánicas del sistema respiratorio	La aplicación resalta las propiedades mecánicas del sistema, su importancia y relación con los elementos estructurales que lo componen
Proceso de intercambio gaseoso	La aplicación muestra y desarrolla el proceso de intercambio gaseoso. Incluyendo sus parámetros más relevantes y comportamiento físico
Fisiopatología	La aplicación contiene la comparación entre sujetos sanos y sujetos patológicos.

Por otra parte, para la aplicación Pruebas Diagnósticas se levantaron cuatro (4) criterios, cada uno relacionado con las pruebas diagnósticas que se consideraron más relevantes para la práctica clínica. Como se observa, lo ideal es que cada una de las secciones que conformen la herramienta tecnológica pueda profundizar tanto conceptual, como de manera práctica las diferentes técnicas, incluyendo la interpretación y parámetros de decisión para cada una. Además, se plantea un “módulo” en donde se correlacionen los momentos y condiciones bajo los cuales es pertinente llevarlas a cabo.

Especificados los requerimientos de contenido se procedió a levantar los requerimientos pedagógicos. En la Tabla 5 se observan aquellos considerados para el desarrollo de la herramienta, en donde se tuvieron en cuenta las características fundamentales de los modelos pedagógicos que mejor se ajustaran a las metodologías de enseñanza – aprendizaje manejadas en el área de las ciencias de la salud y los elementos distintivos de los diferentes contenidos que se querían proporcionar. Todo lo anterior pensando en una aplicación web que soporte el proceso educativo y facilite alcanzar un aprendizaje significativo. Así, se especifican seis (6) requerimientos mediante los cuales se considera

está podrá aportar los elementos suficientes para que los alumnos y docentes dispongan de una ayuda que fortalezca los procesos de desarrollo cognitivo en el área.

Tabla 4. Requerimientos de contenido y criterios de aceptación aplicación Pruebas Diagnósticas.

<i>Requerimiento</i>	<i>Criterio de aceptación</i>
Espirometría	La aplicación contiene el análisis completo de la prueba de espirometría, incluyendo la interpretación de sus curvas y parámetros
Gases arteriales	La aplicación contiene la prueba de gases arteriales, incluyendo su interpretación desde la perspectiva del modelo de Henderson – Hasselbach
Radiografía de tórax	La aplicación contiene la prueba radiografía de tórax, incluyendo la interpretación completa de la placa
Sonidos pulmonares	La aplicación contiene sonidos pulmonares, incluyendo la interpretación patológica

Tabla 5. Requerimientos pedagógicos con sus respectivos criterios de aceptación.

<i>Requerimiento</i>	<i>Criterio de aceptación</i>
Exploración libre	La aplicación permite y facilita la libre exploración de todos sus contenidos. Promoviendo el desarrollo de actividades que reten al estudiante
Aprendizaje secuencial	La aplicación incorpora una clara línea de aprendizaje, en donde conforme se avanza se profundiza en complejidad e interpretabilidad
Repetición	La aplicación permite la repetición, indefinida, de simulaciones, escenarios clínicos y pruebas
Solución de dudas	La aplicación facilita métodos y materiales para la resolución de dudas
Aprendizaje basado en problemas	La aplicación incluye el análisis de casos clínicos reales
Evaluación basada en casos clínicos	Todas las estructuras evaluativas se encuentran vinculadas a la resolución de casos y eventos clínicos

Ya dispuestas las estrategias que se pretenden utilizar para mostrar los contenidos, se definen las funciones generales que se esperan de la herramienta, se optó por especificar las funciones básicas planteadas para la gran mayoría de herramientas existentes, añadiendo algunas puntuales, como la simulación, mediante las cuales se espera poder desarrollar una aplicación web acorde con las necesidades de práctica clínica constante

de los programas del área de la salud. De esta manera, como se ve en la Tabla 6, se levantan seis (6) requisitos generales con los cuales se cree es suficiente para una puesta en funcionamiento. De la misma forma, al establecer los requerimientos funcionales, se plantean los requerimientos no funcionales, entendiéndolos como elementos de desempeño y visualización que están, en la mayoría de ocasiones, ligados a las características de funcionamiento. En tanto, se especifican particularmente tres (3) requisitos ligados a algunas de las funciones dadas (ver Tabla 7).

Tabla 6. Requerimientos funcionales con sus respectivos criterios de aceptación.

<i>Requerimiento</i>	<i>Criterio de aceptación</i>
Autenticador de ingreso de usuarios	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación incorpora un sistema de ingreso mediante el uso de usuario y contraseña • La aplicación distingue entre diferentes clases de usuario
Almacenamiento de información	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación almacena la información de cada usuario. • La aplicación trae la información cuando se le solicita
Acceso a la información	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación permite descargar guías de manejo • La aplicación permite descargar material adicional
Notificación	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación notifica al estudiante la fecha de una evaluación programada. • La aplicación notifica los resultados y realimentación de la evaluación realizada
Comunicación entre usuarios	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación contiene sistemas de chat y foros para la interacción entre usuarios
Simulación	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación incorpora elementos de simulación • La aplicación incluye instrucciones claras de las limitaciones de simulación • La aplicación explica el contexto de simulación.

Tabla 7. Requerimientos No funcionales y sus criterios de aceptación.

Requerimiento	Criterio de aceptación
Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación es responsiva • Los botones, barras y cualquier elemento de interacción son estándar a lo largo de toda la herramienta • La fuente y color de la letra es legible • La resolución de las imágenes y señales es apropiada
Desempeño	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación admite a múltiples usuarios concurrentes • La aplicación funciona fluidamente con al menos 35 usuarios concurrentes • El tiempo de respuesta de la aplicación no es superior a 1 segundo
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación incluye todos los elementos de seguridad de datos

Finalmente, se desarrollan y puntualizan los requerimientos de sistema, ligados a las plataformas y ambientes en donde se pondrá la puesta en funcionamiento de la aplicación web. En la Tabla 8 se relacionan los dos (2) requisitos planteados para el desarrollo de la herramienta, ambos concebidos desde la idea de una ayuda accesible desde cualquier dispositivo (computador, Tablet o celular).

Tabla 8. Requerimientos de sistemas con sus respectivos criterios de aceptación.

Requerimiento	Criterio de aceptación
Funcionamiento multiplataforma	La aplicación funciona, de manera adecuada, en Android, iOS y Windows
Funcionamiento Online	La aplicación funciona de manera Online

3.5 Discusión

El proceso de ingeniería de requerimientos, como parte fundamental del desarrollo de software, permite identificar elementos funcionales y no funcionales que ayudan a desarrollar la herramienta considerando las necesidades no solo de contenido sino también pedagógicas. dada la gran cantidad de requisitos por levantar, se requiere consensuar aquellos que pudiesen ser fundamentales para un desarrollo fluido. múltiples

autores han sugerido una gama amplia de requerimientos como lo son los funcionales, no funcionales, de interface, de datos, de navegación, transaccionales, económicos, ambientales, técnicos, de rendimiento, de usabilidad, de disponibilidad, de rehúso, entre otros [90], [95]–[97]. No obstante, se han dejado de lado los requisitos de contenido y pedagógicos, que pensando en el desarrollo de herramientas para la enseñanza – aprendizaje pueden llegar a ser de gran importancia, considerando además la normativa y posible impacto que tienen estos elementos sobre la alta calidad de las instituciones de educación superior [19]. Como se observó en la Figura 5, se plantea una metodología para el levantamiento de requerimientos de contenido basándose en la opinión de expertos, la cual permita filtrarlos hasta encontrar aquellos que pudiesen ser los más relevantes en cada temática particular. Esto partiendo desde el desglose de los microcurrículos de diferentes programas vinculados al área en la que se desarrollará la ayuda tecnológica (ciencias de la salud para el presente caso). Este filtrado puede ser visto desde diferentes perspectivas dependiendo de las necesidades particulares de cada área, que en este trabajo fueron tres (3) criterios fundamentales: (1) relevancia clínica, (2) dificultad para aprender, y (3) dificultad para enseñar. En cuanto al primero de los tres, ampliamente discutido en diferentes profesiones vinculadas al área de la salud [98], se ha podido encontrar que este tipo de acercamientos resulta en una integración que le permite al alumno la construcción de conocimientos mediante el análisis crítico y reflexivo de las experiencias obtenidas de la participación activa e interacción con el entorno y tutor [99]. Actividad que se ha visto limitada por la legislatura en el caso de Colombia [8], por lo que interfiere en la formación de un profesional en mejor sentido, competente y con capacidad para progresar de manera autónoma, práctica que además es imprescindible y debe ser la mejor posible [98]. Afirmaciones que dan guía para construir herramientas que faciliten contenido que sean de alta relevancia en este ejercicio. Por otra parte, en cuanto al segundo y tercer criterio, que pudiesen parecer lo mismo, se entiende que existen un grupo de temáticas que pueden ser difíciles de aprender o enseñar, esto quiere decir que la dificultad se abstrae tanto de la perspectiva del docente como de los alumnos.

Extraídas todas las temáticas, se subagruparon en lo que se denominó “contenido fundamental”, que luego fueron plasmados en los diferentes submódulos de cada aplicación. Los requerimientos planteados en la Tabla 3 y Tabla 4 evidencian el resultado de los procesos mencionados. En esta área, un estudio realizado por Toro et al. [100] resalta la importancia que estas ayudas tienen para los profesionales en formación,

principalmente las aplicaciones centradas en la recreación de ambiente clínicos simulados, ya que potencializan la adquisición, desarrollo, y afianzamiento de conocimiento y habilidades. Motivo por el cual, la definición de contenidos altamente específicos hacia lo que le cuesta más al estudiante es una buena práctica que permite ofrecer herramientas de alto valor académico.

Atendiendo a lo anterior, y a las ideas relacionadas a los diseños instruccionales en las tecnologías para la educación [101], los cuales *creen experiencias que hagan la adquisición de conocimientos y habilidades más eficiente, efectiva y atractiva* [102], se adelantó el levantamiento de requerimientos pedagógicos, mediante los cuales se clarifican las metodologías estructurales en las que se basaría la herramienta. En este sentido, Ortega [103] enuncia la importancia de concebir una estructura que facilite la creación e implementación de ambiente de aprendizaje para el e – learning, para lo cual considera el modelo ADDIE, acrónimo de sus fases: Análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación; en el que toma importancia la conexión entre el aprendizaje significativo y el modelo constructivista. Aunque este modelo pedagógico toma mucha importancia cuando de educación a distancia se habla, es relevante evaluar si es el que mejor se ajusta a la ayuda considerando el objetivo final de esta y el público objetivo al que se encuentra dirigida. En cuanto a esto, Siemens [104] trata de compilar una teoría de aprendizaje para la era digital a la que denominó conectivismo, argumentando que algunos de los modelos ya existentes (constructivista, cognitivista, conductivista, etc.) han descrito el aprendizaje como un proceso que ocurre dentro de la persona, pero no considera el que puede ocurrir fuera de ellas, que es almacenado y manipulado por la tecnología. De esta manera, para el conectivismo el aprendizaje ocurre cuando un alumno se conecta a una comunidad de aprendizaje y alimenta información en ella, configurando a la comunidad como una red de individuos que en sí mismo son redes de aprendizaje [105]. Si bien lo anterior es cierto, no todas las herramientas tecnológicas dispondrán de algunos de estos elementos, ya que estarán orientadas a soportar el aprendizaje y no a suplirlo, como es el caso, por ejemplo, Pulmón [106], la cual busca mediante modelos 3D ofrecer un espacio en donde el estudiante pueda aprender particularmente la anatomía del sistema respiratorio, más no contiene ninguna funcionalidad disponible para foros u contactos con algún tutor, por consiguiente, los métodos pedagógicos deben ser consecuentes a esto. De esta manera, la estrategia mostrada en la Figura 6 mostró ser de utilidad para levantar este tipo de requisitos, en donde a través de la resolución de un

grupo de preguntas se especificaron tanto los requerimientos como criterios de aceptación (Tabla 5). Todo esto planteado a partir de algunas características particulares de los siguientes modelos: (1) Constructivista, pensando en una navegación libre en la que el estudiante, por sí mismo, explore aquello que desea aprender; (2) Conductivista, que facilite la repetición constante de actividades, simulaciones, casos y evaluaciones; (3) Cognitivista, que brinde una guía y orden lógico de aprendizaje por metas.

Continuando de la misma forma, con el objetivo de realizar la elicitación de requerimientos funcionales se implementó la estrategia de la Figura 7, realizando una constante comparación entre aplicaciones afines al área, como lo son Lecturio [107] o Pulmón virtual [108]. Comparación de la que se extraían aquellos elementos funcionales fundamentales, como puede ser la integración de un usuario y contraseña, y se observaban las posibilidades de mejora que podría ofrecer una nueva herramienta, tal como lo es la simulación, de forma que se alcanzan los requisitos de la Tabla 6. En este contexto, cabe aclarar que las funciones, tan complejas como se quieran plantear, estarán limitadas por el ambiente de desarrollo en el que se construya la ayuda tecnológica, por lo que deberá ser teniendo en cuenta al momento de levantar este tipo de requisitos. Considerando la inestabilidad que genera el constante cambio de características que presentan los dispositivos tecnológicos [97].

Finalmente, debido a la diversidad de dispositivos y sistemas operativos presentes en el mercado, es necesario seleccionar características típicas mediante el establecimiento de los requerimientos no funcionales y técnicos (ver Tabla 8), pasando por el funcionamiento multiplataforma, tal que la herramienta funcione online y en cualquier dispositivo. En este sentido, Babovic et al. [109] mencionan que seleccionar la opción web conlleva a la selección de tecnologías específicas a usar [109], de tal manera que se garantice los requisitos establecidos para cada caso, como lo puede ser la capacidad de cálculo o la capacidad gráfica, además de una alto desempeño en su funcionamiento [110]. De manera que, debido a su aplicabilidad y compatibilidad con todos los browsers, java script se planta como el lenguaje idóneo para el desarrollo de este tipo de aplicaciones, no obstante, a causa de la dificultad que propone el desarrollo de herramientas que incluyan modelado matemático y la necesidad de un alto rendimiento en la respuesta de gráficos, es indispensable la selección de un framework como Backbone, AngularJS, AngularJS, React, Ember.js o Vue.js [110]

4 Validación de contenido

La validación de contenido, desde el punto de vista del diseño de test, se refiere al conjunto de pruebas y datos que permiten garantizar las inferencias que puedan realizarse a partir de estos [52], la cual en conjunto a la validez de criterio y validez de constructo conforman lo que se denomina validez total. La primera se refiere al análisis de correlación que se realiza entre las puntuaciones otorgadas por el examen validado, mientras que el segundo alude al grado con el que un instrumento representa y mide el concepto objetivo [66]. El instrumento adquiere mayor validez de criterio entre más pruebas “similares” muestren resultados cercanos. Si dicha validez se presenta de forma simultánea se habla de validez concurrente y, si el criterio se fija a futuro, se refiere a validez predictiva [59].

Todo lo anterior busca integrar el significado del instrumento diseñado, es decir, que mide y como lo mide, con evidencia que soporte las interpretaciones de las puntuaciones obtenidas [111]. Se entiende al constructo como aquella variable latente que puede ser observada a través de la medición de un grupo de características que la “representan”, es decir, que un instrumento puede ser válido pero no necesariamente confiable [66]. Por ejemplo, un equipo que mide la calidad del aire es muy consistente en los resultados que produce, por lo que será confiable, pero sí los valores que mide no son correctos, no será válido.

Si bien este tipo de estrategias fueron construidas con el objetivo de validar test, realizar la extrapolación a la validación de herramientas digitales para la enseñanza – aprendizaje no es errónea. el objetivo es proveer evidencia relacionada con la calidad, en términos del contenido, facilitando la identificación de incongruencias o errores. el presente capítulo busca describir el diseño e implementación de una estrategia para la validación de contenido de las herramientas Anatomía y Fisiología y Pruebas Diagnósticas desarrolladas por el grupo de investigación GIBIC.

4.1 Metodología

El desarrollo de esta fase se compuso por dos grandes partes. Inicialmente se diseñó un protocolo e instrumentos que permitieran alcanzar una medida de validez de contenido (ver Anexo 7). Este Diseño se alcanzó mediante la búsqueda y recolección de información relacionada con este tipo de validez, identificando los estadísticos a implementar y su utilidad para lograr el objetivo planteado. Posterior a esto se implementó la estrategia construida para verificar su usabilidad en la validación de aplicaciones Web para la enseñanza – aprendizaje, como se describe a continuación

Diseño del instrumento. Para éste se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la validez de contenido, sus implicaciones y usos, la cual facilitara la extrapolación de este tipo de estrategias a la validación de contenido de una herramienta digital para la enseñanza y aprendizaje. Inicialmente se agruparon los contenidos de cada una de las herramientas para poder definir los “niveles de profundidad” en los que se iba a evaluar, teniendo en cuenta que la estrategia escogida fue la validez a través del juicio de expertos. En segundo lugar, se escogieron los constructos o variables latentes que se querían verificar de cada uno de los contenidos de las ayudas tecnológicas (Anatomía y Fisiología, y Pruebas Diagnósticas), tal que permitieran conclusiones relacionadas a la alta calidad de esta. Seguido a esto, se construyó el instrumento que permitiera alcanzar, con el mayor grado posible, dicha medida. Finalmente, se especificó la forma de realizar el análisis de validez dependiendo de los resultados obtenidos en los diferentes estadísticos.

La implementación del instrumento. Se desarrolló en tres fases. La primera fue la selección de los profesionales que se vincularían al proceso evaluativo como jurados; para lo cual se plantearon los siguientes criterios de inclusión: (1) profesional de las ciencias de la salud; (2) experiencia docente de al menos 1 año; (3) experiencia profesional de al menos 5 años; (4) especialidad en anestesia o cuidado intensivo. Siendo los tres primeros obligatorios, mientras que el cuarto deseable. En segundo lugar, la evaluación por parte de los cinco jurados, la cual fue acompañada por tres observadores quienes podrían solucionarles dudas e identificar errores en el instrumento construido. El grupo de observadores está conformado por un desarrollador de la herramienta construida, el diseñador del protocolo e instrumentos de validación de contenido y, un miembro encargado de evaluar el posible impacto que podrían tener las herramientas en contextos

educativos. Finalmente, se realizó el análisis de los resultados teniendo en cuenta los estadísticos de validez y metodologías planteadas en la etapa de diseño.

Todo lo anterior se realizó con el aval del Comité de Ética del Instituto de Investigaciones Médicas de la Universidad de Antioquia en acta de aprobación N°11.

4.2 Resultados

4.2.1 Diseño

Con el objetivo de acercarse a una medida de validez lo más completa posible, se estructuró una estrategia que contempla la mayor cantidad de variables posibles dentro de lo que se concebiría como “validez de contenido”, entendiéndola en este contexto como la calidad en términos teóricos de la aplicación Web.

A continuación, se describe la forma y elementos que se desarrollaron:

Estrategia de validación. Para la validación de contenido es abordada desde la perspectiva de la “validez lógica”, basada en el juicio de expertos, los cuales emiten calificaciones sobre los contenidos a ser evaluados a través del uso de una escala de medición de cinco puntos tipo Likert, iniciando en una valoración de deficiente calidad para la escala igual a uno (1) y finalizando en la escala igual a cinco (5) relacionada con alta calidad. Los expertos son seleccionados de acuerdo al cumplimiento de los siguientes criterios de inclusión:

- Profesional sanitario (Médico general).
- Experiencia profesional (mínimo de 5 años).
- Experiencia docente (mínimo de 2 años).
- Especialidad médica (anestesia, cuidado intensivo o cirugía).

Criterios de inclusión que fueron planteados considerando algunos de los elementos fundamentales descritos por otros autores [71]:

- Experticia en el área de conocimientos.
- Reputación en la comunidad.

- Disponibilidad y motivación
- Imparcialidad y cualidades inherentes.

En este sentido, los criterios 1 al 3 resultaban obligatorios, mientras que el cuarto era deseable.

Instrumento de validación. Se plantea buscando una herramienta complementaria en donde se evalúan dos dimensiones fundamentales: (1) calidad teórica del contenido y (2) calidad gráfica del contenido (ver Figura 12). Cada una de estas dimensiones se valora a través un grupo de variables latentes (constructos) que podrían aportar información suficiente a la medida para la calidad teórica del contenido se utilizaron tres constructos:

1. **Pertinencia**, para evidenciar si los contenidos dispuestos en la herramienta están relacionados con aquellos que son de alta importancia para el aprendizaje de la temática.
2. **Suficiencia**, para indicar si la cantidad de información suministrada es adecuada y relevante para un aprendizaje significativo
3. **Veracidad**, para confirmar si los elementos teóricos incluidos en la herramienta son de alta calidad y fidelidad.

Por otra parte, para la evaluación de la calidad gráfica del contenido se utilizaron, de la misma forma, tres constructos:

1. **Disposición**, vinculada con el ordenamiento, para evaluar la distribución lógica de las figuras y señales tal que permitan un aprendizaje progresivo.
2. **Definición**, para confirmar que todos las imágenes y elementos dispuestos tuvieran una alta resolución.
3. **Veracidad**, para corroborar la autenticidad de todas las figuras.

cada uno de estos constructos está constituido por un grupo de ítems que buscan desglosar en detalle el contenido a evaluar. Así, el instrumento correspondiente a la aplicación Anatomía y Fisiología se compuso de 205 ítems y la app Pruebas Diagnósticas por 394 ítems, distribuidos como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Distribución de los ítems incluidos en cada constructo para las aplicaciones Web de interés. Ver Anexo 7.

	Aplicación Anatomía y Fisiología	Aplicación Pruebas Diagnósticas
Pertinencia	16	48
Suficiencia	60	125
Veracidad teórica	74	141
Disposición	9	7
Definición	9	15
Veracidad gráfica	37	58
Total	205	394

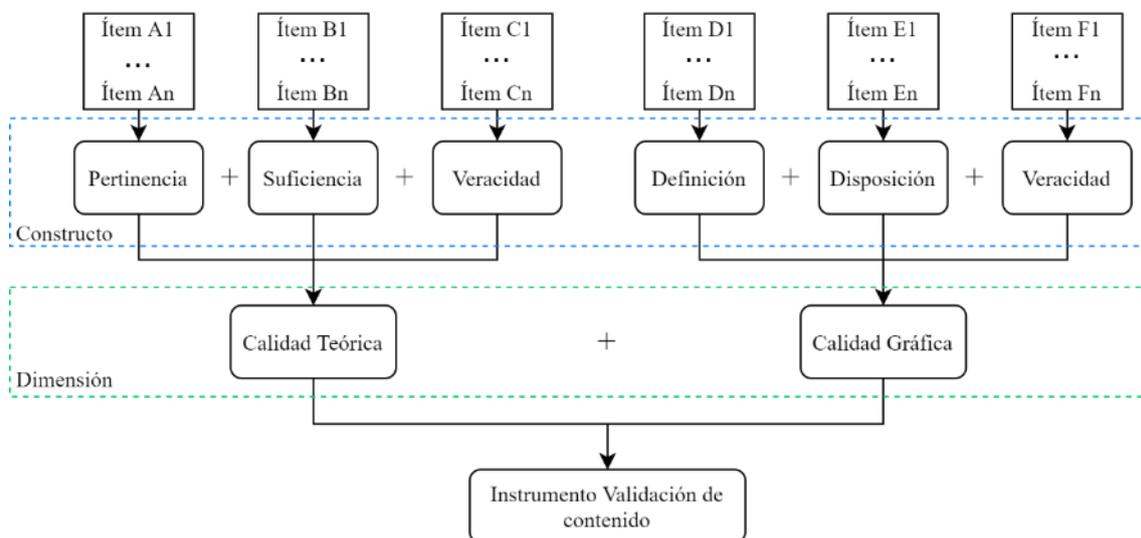


Figura 12. Estructura del instrumento para dar evidencia de la validez de contenido. Diseñada para acercarse a la medida mediante las dimensiones “calidad teórica” y “calidad gráfica”, compuestas por los constructos pertinencia, suficiencia y veracidad para la calidad teórica; y disposición, definición y veracidad para la calidad gráfica.

Análisis de datos. En esta fase se trabajaron un conjunto de estadísticos para obtener una medida relacionada a la validez absoluta que tienen los diferentes ítems con respecto a la opinión conjunta de los jueces (Índice de validez de contenido (ICV) [55] y V de Aiken [79]) y para estimar el grado de acuerdo inter juez (Branan Prediger [85] y AC de Gwet [87]). Como se observa en la Figura 13, el análisis aborda la estructura de la herramienta en tres niveles de profundidad relacionados a los diferentes componentes de la ayuda tecnológica. el análisis de contenido se realizó desde el nivel más profundo (submodular) en dirección a los niveles externos, considerando para todos estos cada uno de los

constructos, tal que permitiera la identificación detallada de los elementos a corregir según la opinión de los jurados.

Análisis de validez. El desarrollo para alcanzar una medida clara e intuitiva de validez se trabajó mediante el efecto cascada mostrado en la Figura 14. En donde se optó por otorgar un peso a cada uno de los elementos estructurados para el análisis, que al ser computados entre ellos a lo largo del “árbol” facilitan conceder un porcentaje de validez a la herramienta en conjunto y a cada uno de los niveles propuestos en la Figura 14. Así, se parte desde los constructos, que se encuentran dispuestos para cada uno de los submódulos, hasta alcanzar la medida de la aplicación en su conjunto.

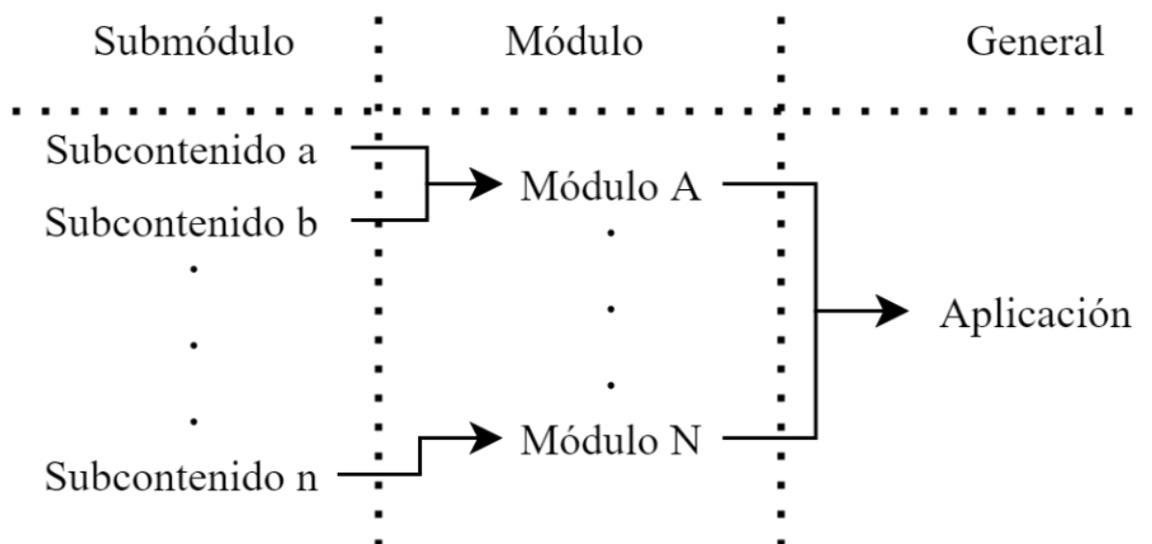


Figura 13. Estructura utilizada para el análisis de datos. El análisis realizado implica la valoración de la herramienta en sus diferentes módulos y submódulos. Realizado un desarrollo desde la profundidad de estos últimos que llevan a una evaluación de los módulos y así mismo se escala hasta la aplicación.

Los valores propuestos para las variables latentes y la distribución en cada subnivel están relacionados en la Figura 14, definiendo mayor relevancia a la dimensión calidad teórica (60%) que a la calidad gráfica (40%), considerando que el objetivo de la aplicación es el aprendizaje de contenidos con alta rigurosidad científica. El grado de validez en términos del porcentaje depende directamente del que se ha denominado valor de validez (VV), el cual se encuentra relacionado con el análisis y rendimiento de los estadísticos implementados, en donde este:

- Toma un valor de 1 sí el constructo pasa al menos dos de los tres criterios especificados
- Toma un valor de 0 de ocurrir lo contrario.

En resumen, los valores o rangos de los criterios son especificados en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de corte definidos para los estadísticos de validación de contenido.

Estadístico	Valor de corte
Índice de validez de contenido [80]	> 0.90
Media de la V de Aiken [78]	> 0.80
Distancia entre los intervalos de confianza V de Aiken [79]	< 0.30
Brennan – Prediger [85]	>70 %
AC Gwet [87]	>80%

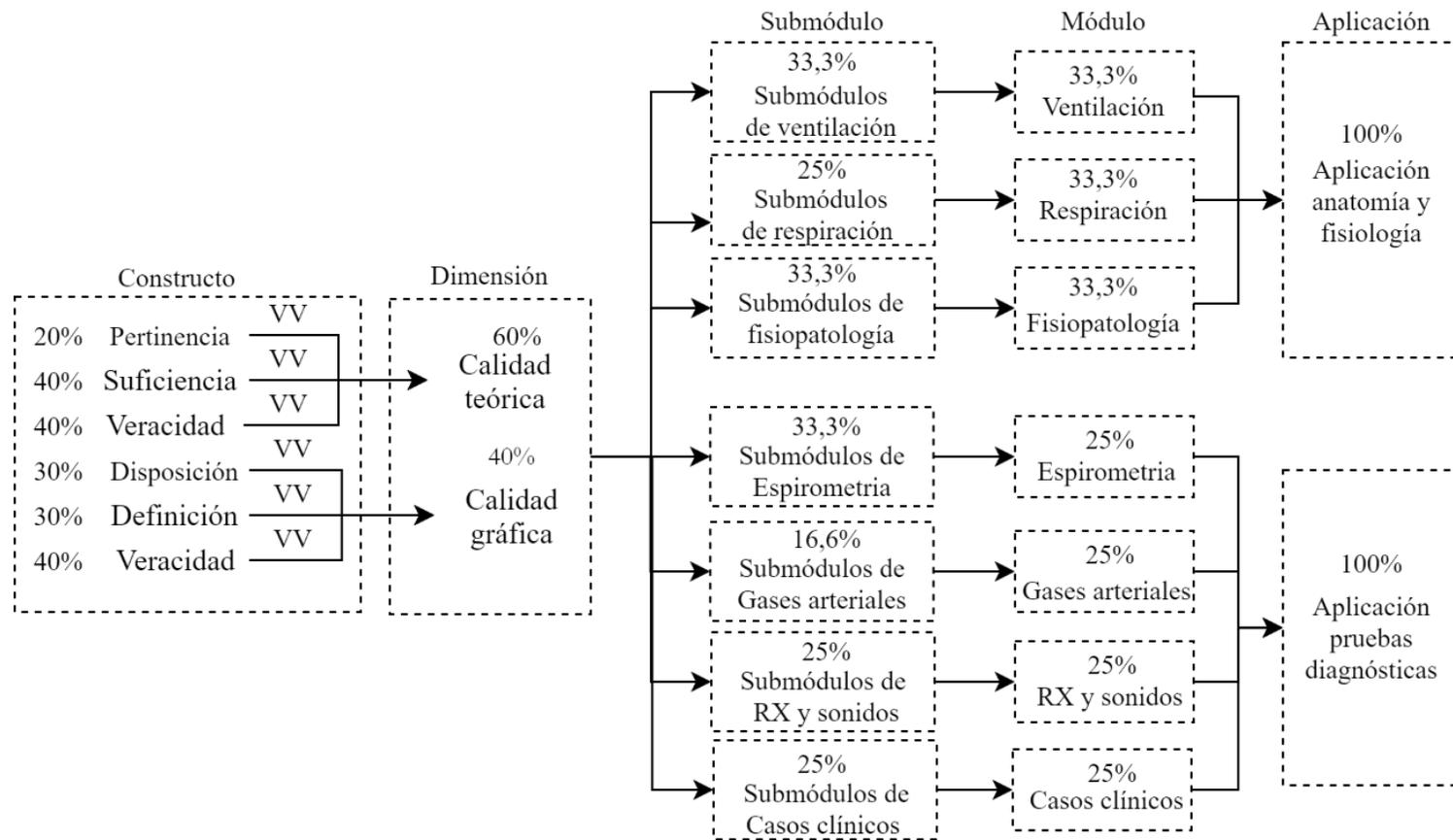


Figura 14. Distribución de pesos asignados a las diferentes estructuras planteadas para la aplicación Web de Anatomía y Fisiología (parte superior) y Pruebas Diagnósticas (parte inferior). Los porcentajes relacionados en los submódulos son equivalentes a la cantidad que exista de estos para cada módulo. Así, debido a que ventilación contenía 3 submódulos cada uno de este vale 33,3%, respiración contenía 4 submódulos, cada uno con un peso de 25 % y fisiopatología 3 por lo que, igual que el módulo ventilación, cada uno de sus submódulos vale 33,3%. Por otra parte, para la segunda herramienta (pruebas diagnósticas) se relacionan la cantidad de módulos y valor a continuación: espirometría, 3 submódulos (cada uno vale 33,3%), gases arteriales, 6 submódulos (cada uno vale 16,6%), Rx y sonidos, 4 módulos (cada uno vale 25 %), casos clínicos, 4 submódulos (cada uno vale 25%).

4.2.2 Implementación

4.2.2.1 Aplicación Anatomía y Fisiología

Los resultados en detalle se encuentran relacionados en el Anexo 1, para efectos de mejorar la comprensión un resumen de ellos se muestra en la Tabla 11. Resaltando que en términos de los constructos que componen la dimensión *calidad gráfica* (disposición, definición y veracidad), la herramienta presenta los niveles máximos de validez, tanto para el IVC (1.0 (0.0)) como para la V (1.0), así mismo el máximo porcentaje de acuerdo perfecto entre los jurados (100%). No obstante, refiriéndose a la dimensión *calidad teórica* (pertinencia, suficiencia y veracidad), se obtuvo que el submódulo ventilación incluido en la aplicación en su constructo *suficiencia* no es válido para ninguno de los estadísticos de acuerdo a los rangos relacionados en la Tabla 10, el módulo obtuvo 0.20, 0.70 y 0.37 para IVC, V y la longitud del intervalo de confianza de la V, respectivamente. Los resultados muestran que el constructo *veracidad* de este submódulo, si bien es válido en términos del valor de la V, siendo esta mayor a 0.80, resulta no válido en términos del IVC y la longitud del intervalo de confianza (0.73 y 0.32). Estos resultados concuerdan con bajo porcentaje de acuerdo Inter juez, el cual es de 77% y 65% para el AC de Gwet y Brennan – Prediger, respectivamente.

A diferencia de lo anterior, el constructo *suficiencia* del submódulo ecuación del movimiento de la dimensión *calidad teórica* no evidencia validez según el IVC, pero si según la V y el intervalo de confianza de está, por lo que se presume como válido, alcanzando además altos niveles de acuerdo entre los jueces.

Por otra parte, resaltar el alto grado de validez presentado por los submódulos unidad alveolar y monitoreo del módulo respiración, en todos sus constructos y por tanto dimensiones, además de un acuerdo inter juez perfecto. Por otra parte, en el submódulo Ley de Dalton presentó validez baja para los constructos suficiencia y veracidad en todos los índices planteados, lo que conlleva a que exista una dispersión de opinión entre los jueces (AC gwet: 48% y Brennan Prediger: 21%) y por tanto se rechaza la validez de este.

En esta misma línea, el módulo de fisiopatología presentó el rendimiento más bajo en el constructo *veracidad* de la dimensión *calidad teórica* del submódulo monitoreo, esto debido a que, si bien pasa la prueba para la V, en términos el IVC y el intervalo de

confianza de la V no lo hace, mostrando además un coeficiente de Bannan Prediger muy distante del acuerdo (0.48). De la misma forma ocurre con los constructos *suficiencia* y *veracidad* de la dimensión *calidad teórica* de los submódulos señales ventilatorias y señales respiratorias, que muestran los niveles de acuerdo más bajos de toda la prueba (57%). Sin embargo, para ambos casos se detalla que en términos del valor absoluto de la V de Aiken el contenido dispuesto en la herramienta resulta válido (> 0.80).

Tabla 11. Matriz de resultados validación de contenido aplicación Anatomía y Fisiología. Color verde: El valor del estadístico se encuentra sobre los límites definidos; Color rojo: El valor del estadístico está por debajo de los límites establecidos. A: IVC; B: V de Aiken; C: Distancia entre los intervalos de confianza V de Aiken.

Submódulo	Pertinencia			Suficiencia			Veracidad Teórica			Disposición			Definición			Veracidad Gráfica		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Anatomía	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Ecuación del movimiento	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Señales ventilatorias	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Unidad alveolar	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Monitoreo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Ley de Dalton	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Señales respiratorias	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Monitoreo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Señales ventilatorias	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Señales respiratorias	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

Finalmente, el análisis de validez porcentual sugerido resumido en los tres niveles estructurados, se observa en la Figura 15. En donde se puede detallar que, desde los constructos vinculados, el 74,3 % de la aplicación es válida en términos del contenido, siendo el módulo de fisiopatología el que más bajo rendimiento mostró con un 59,5% de validez, asociado a los submódulos de señales ventilatorias y señales respiratorias (52% en ambos casos). El análisis de los diferentes constructos permite identificar que la

herramienta debe corregir el contenido alojado en algunos submódulos (27,7%). Estas correcciones implican en algunos casos complementar con información adicional, bien sea añadiendo extensiones de pdf o introduciéndola directamente, y por el otro, rectificar algunos errores que existen en la interpretación de la información según los expertos.

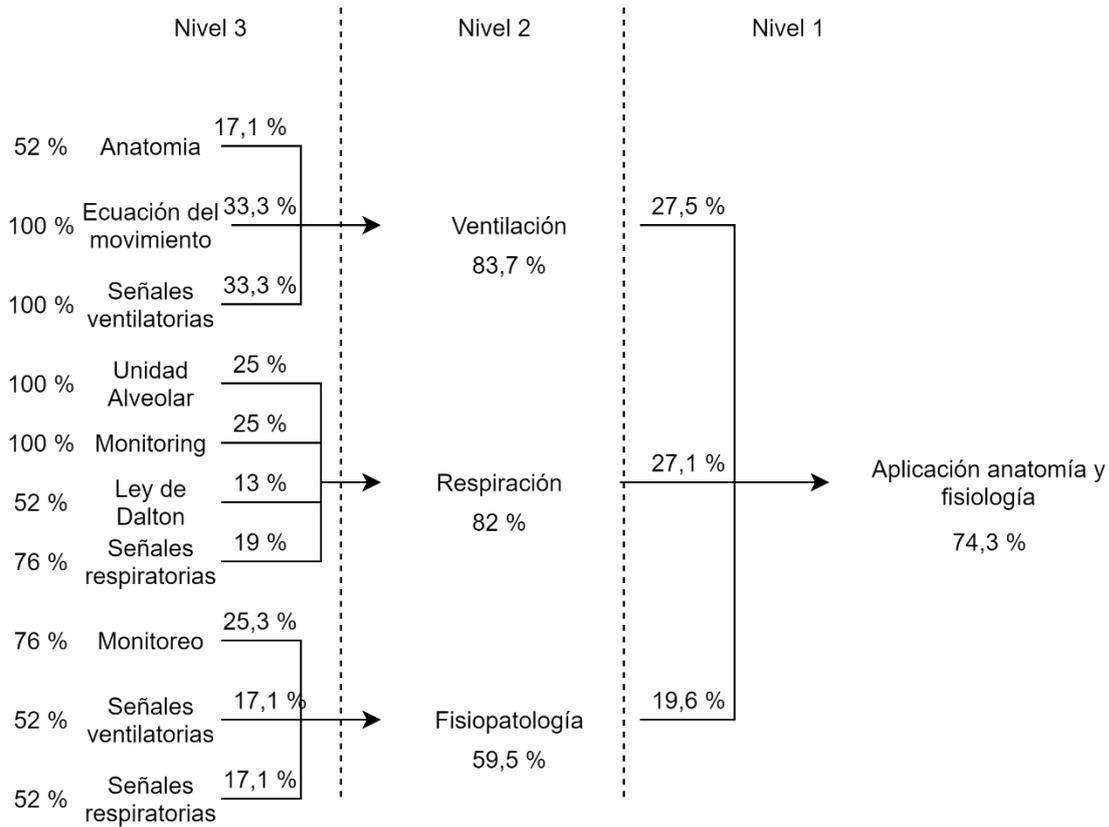


Figura 15. Porcentaje de validez de la herramienta Anatomía y Fisiología.

4.2.2.2 Aplicación Pruebas diagnósticas

Los resultados en detalle se encuentran relacionados en el Anexo 2, para efectos de mejorar la comprensión un resumen de ellos se muestra en la Tabla 12. En principio es importante resaltar el alto rendimiento mostrado por la gran mayoría de constructos relacionados con el módulo Espirometría, con algunos valores bajos en términos del IVC (0.76) en el constructo *suficiencia* de los submódulos patrones ventilatorios y gráficos, y variables espirométricas, no obstante, en términos de la V de Aiken y los intervalos de confianza si muestra tener validez, por lo que se presume una reforma sobre algunos de los elementos teóricos que faciliten la interpretación de esta prueba diagnóstica.

Una situación similar ocurre con el módulo RX y sonidos en el que los patrones obstructivo, restrictivo y mixto, para el constructo suficiencia obtienen un IVC menor a 0.90 y distancia intervalo de confianza mayor a 0.30. Esto a causa de la falta de información que puede existir debido a la manera en la que se encuentra planteado el módulo, el cual se basa en el análisis gráfico. Finalmente, el módulo casos clínicos, relaciona problemas de estudio que no obedecían a una sola patología (EPOC, ASMA, SDRA) sino a la comorbilidad de ella (mezcla). Esto conlleva a que los jurados evaluaran con puntajes bajos las variables latentes *suficiencia* y *veracidad*, ya que había tanto errores en interpretación como falta de información sobre las patologías de forma individual.

Como se observa en la Figura 16, la aplicación alcanzó en su totalidad un 84% de validez, lo cual es realmente positivo, ya que a pesar de las correcciones que saltan a la vista, denota una herramienta útil para la enseñanza – aprendizaje, matizando que se debe trabajar sobre los módulos gases arteriales y casos clínicos especialmente.

Tabla 12. Matriz de resultados validación de contenido aplicación Pruebas Diagnósticas. Color verde: El valor del estadístico se encuentra sobre los límites definidos; Color rojo: El valor del estadístico está por debajo de los límites establecidos. A: IVC; B: V de Aiken; C: Distancia entre los intervalos de confianza V de Aiken.

	Pertinencia			Suficiencia			Veracidad Teórica			Disposición			Definición			Veracidad Gráfica		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Modelo HANNESIII																		
Parámetros ventilatorios																		
Gráficos y variables espirométricas																		
Valores de referencia																		
Obstrutivo																		
Restrictivo																		
Mixto																		
Falla respiratoria tipo 1																		
Falla respiratoria tipo 2																		
Sano																		
Obstrutivo																		
Restrictivo																		
Mixto																		
Caso clínico 1																		
Caso clínico 2																		
Caso clínico 3																		
Caso clínico 4																		

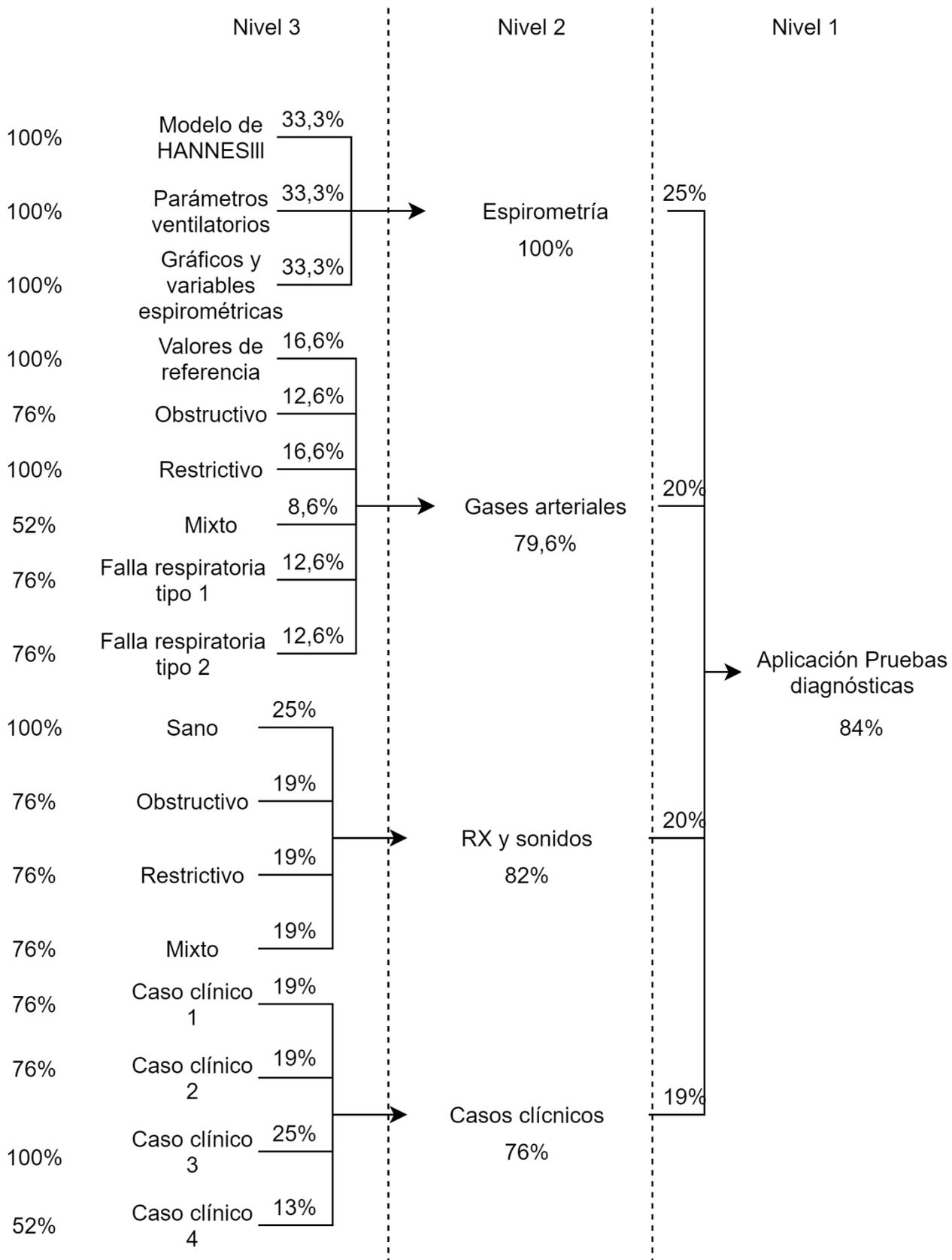


Figura 16. Porcentaje de validez de la herramienta Pruebas Diagnósticas.

4.2.3 Discusión

La validación de contenido provee evidencia sobre la validez de un constructo y, facilita las bases para la construcción de pruebas paralelas. el presente trabajo ha mostrado la adaptación de este tipo de análisis a los contextos de las herramientas para la enseñanza – aprendizaje, en donde implementando una correcta estructuración, se han podido emplear de manera adecuada los coeficientes relacionados a la validez de contenido de test. Aquí se ha descrito la importancia de su definición y conceptualización, ya que depende de la naturaleza y uso que se quiera dar al test, en donde por un lado puede tener diferentes funciones (diagnóstico, habilidad, comportamiento), pudiendo impedir la generalización de algunos índices [63], y por el otro, puede variar y estar condicionada por un dominio en particular, por lo que muchos constructos pueden tener etiquetas similares, pero estar representados por diferentes dominios [64]. En consideración a esto, como se observó en la Figura 12, la estructura del instrumento se basa en la idea del manejo de seis constructos generales que pretenden evaluar dos dimensiones, tal que no generaran confusión.

Así mismo, los ítems relacionados a cada una de estas variables latentes especificaban claramente hacia donde se encontraban dirigidos, por ejemplo, la explicación de la ecuación del movimiento es *pertinente (suficiente o correcta)*. , es importante aclarar que se habla de un constructo general ya que los ítems se dirigen a constructos específicos, esto implica que al menos uno de los ítems se encontraba dirigido particularmente al constructo X (cualquiera que sea) del contenido del submódulo N (cualquiera que sea), en tanto, la “agrupación” de los ítems que representan un constructo estarán condicionados al constructo de ese submódulo específico, por lo que la cantidad real de variables latentes que pueden existir en el instrumento estará dada por la multiplicación de los n constructos (6 para el caso del presente trabajo) y m submódulos (10 para la herramienta Anatomía y Fisiología; y 17 para la de Pruebas Diagnósticas). Por lo que se favorece el análisis e identificación de elementos a corregir. No obstante, este tipo de enfoque presenta una limitante vinculada justamente a esta última explicación, en donde al enfocar la pregunta del ítem de manera tan particular, la correlación entre este y los otros pertenecientes al mismo submódulo se puede dificultar, resultando en posibles bajas comunalidades sobre la estructura del instrumento.

Por otra parte, la escala de valoración fue propuesta dependiendo de los estadísticos a implementar, ya que existen algunos que son inflexibles dada su interpretación, como es el caso del rango interpercentil ajustado a la simetría [112]. Por lo tanto, se optó por una escala de 5 puntos debido a su uso generalizado cuando se trabaja V de Aiken y, las facilidades que se observaron para ser ajustada al cálculo del índice de validez de contenido (IVC). Ajuste que conlleva a que el IVC sea un coeficiente bastante rígido, ya que no contempla calificaciones intermedias como si lo hace la V de Aiken, ocasiona que en determinados casos la penalización de estas (2 y 3) sea mayor.

Además, se ha descrito como el valor crítico de aceptación aumenta conforme disminuye la cantidad de jurados [55], teniendo que ser 0.99 si se tienen 7 o menos. Dado lo anterior, se optó por flexibilizar este valor crítico a 0.90 para compensar la conversión realizada. A causa de esta limitación, se adelantó el cálculo de la V de Aiken, medida que ayudara a confirmar la validez o no de los constructos evaluados, se definió como límite de aceptación 0.80 basándose en la interpretación que el mismo Aiken propone en su tabla de valores críticos [78]. Aun así, dicha tabla es desarrollada bajo el análisis la prueba de hipótesis de un valor poblacional desconocido de V denotado V_p , el cual se obtiene a partir del cálculo de probabilidades binomiales y está especificado para un valor de 0.5 para la tabla mencionada [78]. Esto puede conducir a dificultades inferenciales, particularmente cuando el número de evaluadores es pequeño (este es el caso de este estudio?), conllevando a que los valores críticos de V no se ajusten del todo a la tasa de error tipo 1 [79]. Con el fin de dar mayor confiabilidad y proponer un criterio adicional que desempatará las medidas en caso de no existir consenso entre ellas, se calcularon los intervalos de confianza de la V, mediante los cuales se puede observar particularmente la capacidad de la V obtenida para estimar V_p . En tanto, la interpretación de estos se realizó a partir de la distancia entre el intervalo inferior y el intervalo superior, en donde si está es muy amplia, se entiende que la V es poco fiable para estimar V_p y por tanto puede que está no sea realmente válida. Distancia a la que se le dio un rango máximo de 0.30 [79].

Dentro del análisis de este tipo de validez es necesario dar “confiabilidad” a las medidas y valores arrojados por los estadísticos, ya que una medida puede ser “válida” pero poco “confiable” [113]. De manera que, dicha confiabilidad se adelantó mediante los coeficientes de acuerdo Inter juez, en donde se piensa que, si el constructo es válido, y hay un acuerdo alto, entonces dicha medida es confiable, este acuerdo se puede interpretar desde diferentes perspectivas: La primera a partir del acuerdo puro entre los jueces [86],

[87], medida poco recomendable ya que no tiene en cuenta el acuerdo que puede existir debido al azar. De aquí surge la segunda opción que es utilizar el RCA (acuerdo corregido por el azar), el cual varía dependiendo del coeficiente que se utilice, ya que cada uno tiene una forma particular de realizar la corrección. Finalmente, del análisis de hipótesis a partir de un valor de Z calculado, en donde si este resulta ser superior al del nivel de confianza entonces se presume que hay acuerdo [81]. En el caso particular del trabajo se optó por utilizar los valores del RCA obtenidos teniendo en cuenta los factores de corrección de Gwet y Bennet, que, como se podrá observar en las diferentes tablas, este último resulta menos idóneo a causa de la robustez al calcular la probabilidad esperada por el azar. Así, al analizar los resultados para las dimensiones *calidad teórica* del submódulo Ley de Dalton y señales respiratorias del módulo fisiopatología de la aplicación Anatomía y Fisiología, se ve que el acuerdo es extremadamente bajo, evento que puede ser causado por la combinación de dos posibilidades. La primera, es que los jueces no están de acuerdo en la medida, esto implica que algunos la calificaron muy alta y otros muy baja. La segunda, es que el número de jurados es muy bajo (5), por lo que cada calificación penaliza con mayor fuerza, por lo que se recomienda aumentar el número de jueces y observar el comportamiento de las medidas.

Dicho lo anterior, los resultados mostrados por el módulo de ventilación y observados de manera general en la Figura 15, evidencian que el submódulo de anatomía resulta ser el de peor rendimiento (52%), particularmente en los constructos *suficiencia* y *veracidad*. Siendo el primero de estos el más crítico, ya que en términos de ambos coeficientes (IVC y V de Aiken) resulta no ser válida, esto posiblemente a que en este submódulo se realiza una apuesta por la integración de figuras e información que limita la cantidad de conocimiento suministrado. Debido a esto, se deben ajustar tanto las figuras como la estrategia para proporcionar los contenidos académicos de alto nivel suficientes. Este caso se repite en el módulo respiración, centrándose especialmente en el submódulo Ley de Dalton, en donde de igual manera, los mismos constructos son los que resultan no válidos, con la diferencia de que el más crítico es el de *veracidad*, por lo que se deberá modificar la información allí propuesta. Finalmente, el módulo de fisiopatología, el cual requiere una reestructuración considerable ya que ninguno de sus submódulos alcanzó el 100% de validez, expresando que al menos uno de sus constructos debe verificarse. Esto puede deberse a que los casos clínicos seleccionados para esta sección fueron mixtos, esto quiere

decir que no obedecían a una sola patología sino a la mezcla de ellas, motivo por el cual al ser evaluado por los jurados se vio perjudicado.

Es de resaltar el rendimiento del módulo espirometría, que obtuvo un 100% gracias al apoyo que este recibe de la simulación de señales y valores. Considerando que el comportamiento de RX y sonidos, está condicionado por su estructura, ya que se basa en el análisis de imágenes y sonidos pulmonares, todo lo anterior sin pasar por alguna sección que enseñe como se deben interpretar estos, por lo que, como es evidente, hace falta suficiencia para todos los submódulos evaluados.

Para concluir, destaca el comportamiento de las diferentes estructuras planteadas, debido que como se mencionó en la metodología no se le dio el mismo peso a todos los constructos y dimensiones, ya que por un lado se considera más importante el componente teórico que el gráfico, y por el otro, se entiende que es más relevante conocer la *veracidad* y *suficiencia* de los diferentes contenidos que la *pertinencia* de que estos se encuentren allí. La estrategia sugerida mostró ser útil para evidenciar el grado, en términos de porcentaje, de validez que fueron capaces de alcanzar las herramientas, siendo este un cálculo sencillo que ayuda a identificar cuales elementos requieren cambios mayores. En donde, los valores finales de validez obtenidos para las aplicaciones Anatomía y Fisiología (74,3%) y Pruebas Diagnósticas (84%), sugieren implementar cambios a nivel de contenido de las herramientas para que puedan ser considerados idóneos como apoyo en el proceso de aprendizaje de asignaturas impartidas en cursos de Programas de Formación en Instituciones de Educación Superior.

5 Pruebas de usabilidad

El termino usabilidad se encuentra relacionado con el rango en el cual un producto puede ser usado por un grupo específico de usuarios, medida mediante la cual, los diseñadores y desarrolladores, buscan mejorar la efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado [114]. por lo tanto, una aplicación web o móvil debe ser lo más obvia, evidente, clara, y fácil de entender [115], contribuyendo a un ahorro de esfuerzos y tiempo para encontrar la información deseada. La International Standard Organization especifica los siguientes principios básicos de usabilidad [114]: Facilidad de aprendizaje, flexibilidad y robustez. Estas características describen los componentes de calidad básicos del software según la norma ISO – 9126 [116].

Similarmente, Enríquez resalta los siguientes atributos relacionados a la usabilidad de un sistema: Efectividad, satisfacción, facilidad de aprendizaje, memorabilidad, errores, contenido, accesibilidad, seguridad y contexto [117]. Esta Evaluación resulta compleja ya que, en algunos casos, no es posible medirla de manera directa a causa de factores subjetivos que influyen sobre esta como es el caso de la experiencia de usuario [118]. Es por ello que se han planteado múltiples modelos para evaluar el grado de usabilidad con la mayor precisión posible, considerando dentro de estos que hay que medir y cómo hacerlo [119]. Dentro de estos se pueden encontrar algunos como:

1. MUSiC (Metrics for Usability Standards in Computing) [120], en donde se destacan medidas relacionadas con la efectividad en las tareas sugeridas, eficiencia temporal, y proporción del periodo productivo.
2. ISO 9241 – 11 [121], que mide el nivel con el que los objetivos planteados son alcanzados, los recursos invertidos para lograrlos y el grado con el que el usuario encuentra aceptable el uso.
3. QUIM (Quality in Use Integrated Measurement) [122], el cual descompone en factores que jerarquiza, especificando criterios y métricas.
4. SANE (The Skill Acquisition Network) [123], que asume un modelo de interacción del usuario definiendo tareas, la dinámica del dispositivo y el procedimiento para la ejecución de las tareas.

Si bien los modelos mencionados anteriormente tienen por objetivo dar evidencia de calidad y aceptación de la aplicación al ser usada de forma activa por población objetivo, estas estrategias fueron desarrolladas en el contexto de aplicaciones de escritorio, cuyas características pueden diferir ampliamente de las existentes en aplicaciones web y móviles [124], dado que particularmente las web pueden ser accesadas desde cualquier navegador o dispositivo, a través de una red local o internet, no requieren instalación y pueden estar en la nube, no en el dispositivo que la accede [125].

El presente capítulo tiene por objetivo mostrar la metodología y resultados obtenidos al realizar las pruebas de usabilidad de las aplicaciones Anatomía y Fisiología, y Pruebas Diagnósticas desarrolladas por el grupo de investigación GIBIC. Además, se describen las métricas utilizadas para evaluar y analizar la facilidad de interacción de la herramienta.

5.1 Metodología

Teniendo presente los objetivos de la aplicación y sus posibles contextos de uso, se realizó la adaptación de la metodología del modelo MUSiC para las pruebas de usabilidad (ver Figura 17). Para ello, se consideró la inclusión de un grupo de tareas que responde a un contexto académico - clínico y la simulación. Se planteó como principal interés conocer el grado de entendimiento, uso y dificultad que un potencial usuario tiene al interactuar con las aplicaciones Web. Los productos a evaluar son las aplicaciones Anatomía y Fisiología, y Pruebas Diagnósticas, los cuales se valoran por separado.

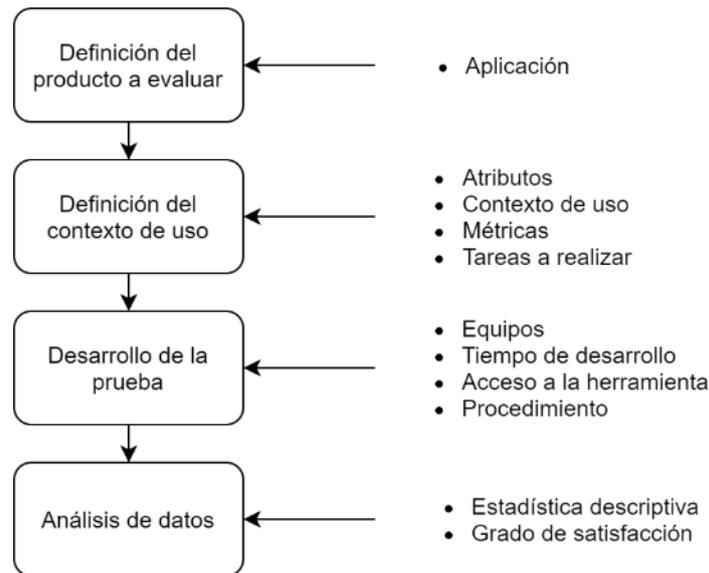


Figura 17. Metodología para implementación de pruebas de usabilidad para aplicaciones Web.

5.2 Diseño de la prueba

El instrumento diseñado para la prueba se compuso de 26 preguntas subdivididas en ejecución de Tareas (pregunta 1 – 4) y grado de satisfacción (pregunta 4 – 22) (ver Anexo 8), en donde esta última se seccionó en seis categorías organizadas de la siguiente manera:

1. Desarrollo de tareas.
2. Facilidad de uso de la aplicación.
3. Facilidad para solucionar errores.
4. Información suministrada.
5. Interfaz gráfica.
6. Funcionalidad.

Se definieron un grupo de tareas y contexto de uso para cada una de las aplicaciones. el principal objetivo de éstas fue evaluar un grupo de atributos que permitieran acercarse a una medida de usabilidad de las herramientas. Así, del grupo de atributos definidos en el estándar ISO 9241, la cual entiende a la usabilidad como el grado con que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para conseguir objetivos con efectividad, eficiencia y satisfacción, se seleccionaron:

- **Efectividad:** Relacionada con la precisión y capacidad con la que los usuarios completan una tarea u objetivo específico asignado.

- **Eficiencia:** Es entendida como el número de transacciones por unidad de tiempo que puede realizar el usuario
- **Satisfacción:** Indica la impresión subjetiva que se tiene del sistema y su comportamiento.
- **Facilidad de uso:** Indica la facilidad con la que el usuario aprende la funcionalidad básica del sistema, tal que tenga la capacidad de realizar tareas que este desee realizar.
- **Memorabilidad:** Expresa la facilidad para memorizar la forma de utilizar y alcanzar objetivos específicos.
- **Errores:** Cantidad y gravedad de errores que comete el usuario al utilizar la herramienta, observándose la capacidad para ofrecer algún mecanismo para recuperarse de estos.

La métrica definida para cada atributo se relaciona en la Tabla 13.

Tabla 13. Atributos y métricas planteados para las pruebas de usabilidad de las aplicaciones Web.

<i>Atributo</i>	<i>Métrica</i>
Efectividad	✓ Número de tareas completadas en el tiempo otorgado.
	✓ Porcentaje de tareas completadas
Eficiencia	✓ Tiempo gastado en completar las tareas.
	✓ Tiempo productivo
Satisfacción	✓ Nivel de dificultad presentado.
	✓ Preferencias
Facilidad de uso	✓ Curva de aprendizaje durante el uso.
	✓ Cantidad de entrenamiento
Memorabilidad	✓ Número de pasos o clicks para completar la tarea
Errores	✓ Número de errores cometidos para poder completar la tarea.

5.2.1 Población

La población se compuso por sujetos que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión:

- Profesional o profesional en formación en el área de las ciencias de la salud.

- Profesional o profesional en formación con conocimientos previos en la temática de la aplicación.
- Persona con manejo en las tecnologías de la información y la comunicación.

Así, 43 voluntarios, incluyendo estudiantes de pregrado y profesionales (docentes) entre los 19 y 35 años (38% mujeres y 62% hombres) fueron incorporados a la prueba. Todos los voluntarios leyeron y firmaron el consentimiento informado, de acuerdo a las regulaciones del comité de bioética del instituto de investigación médica, facultad de medicina, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia (F-017-00, Act No. 011, May 2019).

5.2.2 Análisis estadístico

Se realizó un estudio estadístico de tipo descriptivo, siendo algunas de las variables de interés de tipo continuo y otras de tipo discreto. Medidas estadísticas como la media y desviación estándar son aplicadas a los datos para análisis la interacción que el usuario tiene con los diferentes módulos de la aplicación web, además de su nivel de satisfacción.

Adicional a esto, se calculó la efectividad de la tarea, eficiencia, y el índice de puntuación total.

5.3 Resultados

Con el fin de acercarse a una medida de usabilidad, el test diseñado recolecto los datos en forma de: (1) la finalización o no de las tareas planteadas en los escenarios de uso; (2) el tiempo que el participante requirió para completar cada tarea; y (3) el número de errores cometidos. Lo anterior, fue complementado con la información proveniente de la encuesta de satisfacción que era solucionada una vez se finalizaran las tareas propuestas. Las tablas del Anexo 3 muestran las tareas propuestas para las dos aplicaciones, en donde debido a las características particulares de cada una, se definieron para la aplicación Anatomía y Fisiología cuatro contextos de uso: (1) búsqueda de información (Tarea 1), (2) identificación de estructuras (Tarea 2), (3) simulación (Tarea 3) y (4) funcionalidad (Tarea 4). A diferencia, de la herramienta Pruebas Diagnósticas para la cual se especificó

una tarea por cada prueba: (1) espirometría (Tarea 1), (2) gases arteriales (Tarea 2), (3) RX y sonidos (Tarea 3), y (4) análisis de casos clínicos (Tarea 4). Se buscó cubrir dentro de un experimento corto todas las posibles funcionalidades de las herramientas tecnológicas.

Aplicación Anatomía y Fisiología. La Tabla 14 muestra los resultados obtenidos para esta aplicación, en donde se observa que la mayor dificultad la presentaron las Tareas 3 y 4, con una efectividad del 81% y 86% respectivamente, destacando que las Tareas 1 y 2 alcanzaron una efectividad perfecta (100%). Por otra parte, en cuanto al tiempo que los usuarios requirieron para llevar a cabo la actividad, se observa que de la misma forma las tareas vinculadas con la simulación y funcionalidad son las que menos eficiencia tienen, por lo que se refuerza la idea de la corrección de algunos elementos relacionados a estas funciones particulares. , la eficiencia global que alcanza la herramienta es de 86,67% que, a pesar de ser un buen resultado, se ve afectado de manera significativa por las tareas mencionadas. Sin embargo, con un índice de puntuación total dentro de la excelencia, es posible afirmar que es una herramienta altamente intuitiva para la población de interés.

Tabla 14. Resultados eficiencia y efectividad aplicación Anatomía y Fisiología.

Tarea	Finalización de tareas (Efectividad)	Media de tiempo gastado (s)	Eficiencia	Índice de puntuación total
1	42 (98%)	72.09 ± 39.64	86.87%	91.27%
2	43 (100%)	74.84 ± 32.06		
3	35 (81%)	125.0 ± 47.20		
4	37 (86%)	85.98 ± 47.47		

Por otra parte, en cuanto a la cantidad de errores cometidos por los usuarios durante el desarrollo de la prueba, la Figura 18 muestra la cantidad de participantes que cometieron un número particular de errores, en donde se observa que para la tarea uno el 75% cometió entre 0 y 2 errores, para la 2 el 80% cometió entre 0 y 1 error, para la 3 el 85% incurrieron entre 0 y 3 errores, y para la 4 el 75% entre 0 y 2 errores.

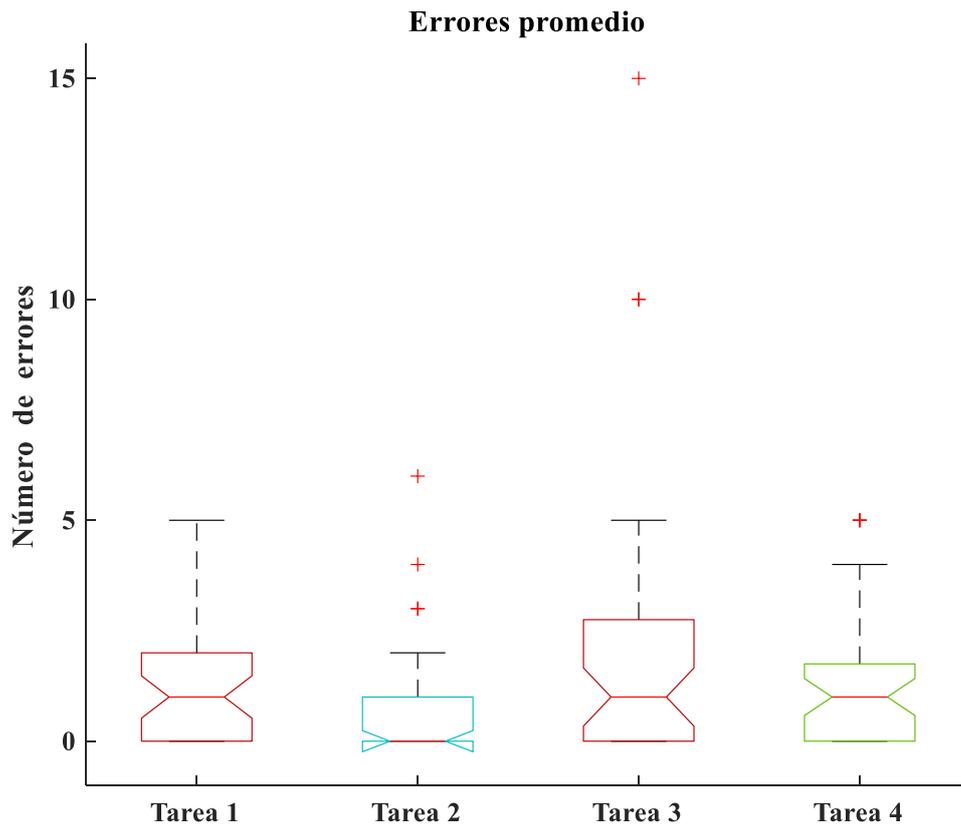


Figura 18. Promedio del número de errores cometidos por los participantes durante el desarrollo de tareas aplicación Anatomías y Fisiología. Igual que la tabla 14. Si las tareas se discuten, deberían describirse a que corresponden y no simple decir tarea 1, etc.

Con respecto a la encuesta de satisfacción realizada, la Figura 19 muestra el diagrama de araña correspondiente a la opinión de los participantes con respecto a la herramienta Anatomía y Fisiología. Evidenciándose que la mayoría de participantes muestran una satisfacción superior al 70% en la casi todas las categorías, siendo *facilidad para solucionar errores* el único aspecto evaluado que decae. Cabe resaltar que, si bien la media de la opinión alcanza valores aceptables, algunos de los usuarios mostraron baja satisfacción en categorías como *desarrollo de tareas* y *solución de errores*.

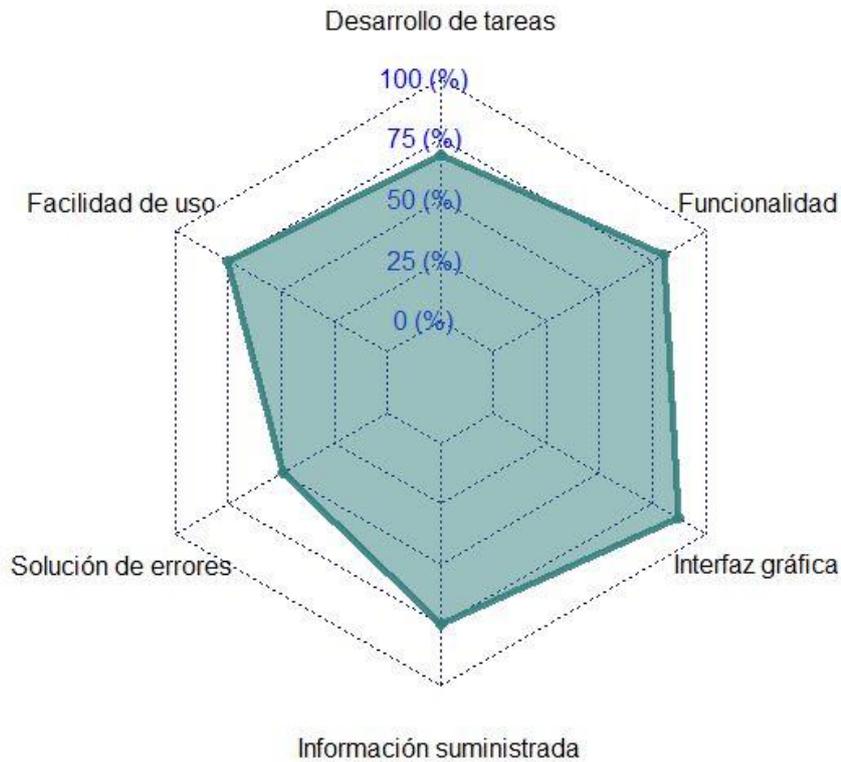


Figura 19. Diagrama de araña encuesta de satisfacción para la aplicación Anatomía y Fisiología.

Aplicación pruebas diagnósticas. paralelamente, se valoró la ayuda tecnológica Pruebas Diagnósticas, como se describe en la Tabla 15. Esta alcanzó una eficiencia superior al 85% para todas las tareas planteadas, que como se mencionó estaban cada una orientada a una sección de la herramienta, por lo que se evalúa la efectividad y eficiencia de cada prueba médica sugerida. La sección que muestra menos efectividad es la de espirometría y la de menos eficiencia la de RX y sonidos, no obstante, en términos generales se alcanzó un 92,31% de eficiencia con un 94,18% en el índice de puntuación total, motivo por el cual se concluye que la aplicación tiene un alto grado de intuitividad y facilidad de uso.

Tabla 15. Resultados eficiencia y efectividad aplicación Pruebas Diagnósticas.

Tarea	Finalización de tareas (Efectividad)	Media de tiempo gastado (s)	Eficiencia	Índice de puntuación total
1	37 (86%)	72.09 ± 39.64	92.31%	94.18%
2	40 (95%)	74.84 ± 32.06		
3	42 (98%)	125.0 ± 47.20		
4	43 (100%)	85.98 ± 47.47		

En términos de los errores cometidos, la Figura 20 muestra como la cantidad y distribución de estos es inferior a la de la aplicación Anatomía y Fisiología, viéndose que las Tareas 1 y 2, orientadas a las pruebas espirometría y gases arteriales, son en las que mayor número de equivocaciones hubo, con medias de 1,5 para cada una. Por otra parte, resaltar que un bajo rendimiento en la Tarea 4 pudo ser ocasionado por la dificultad misma de esta sección.

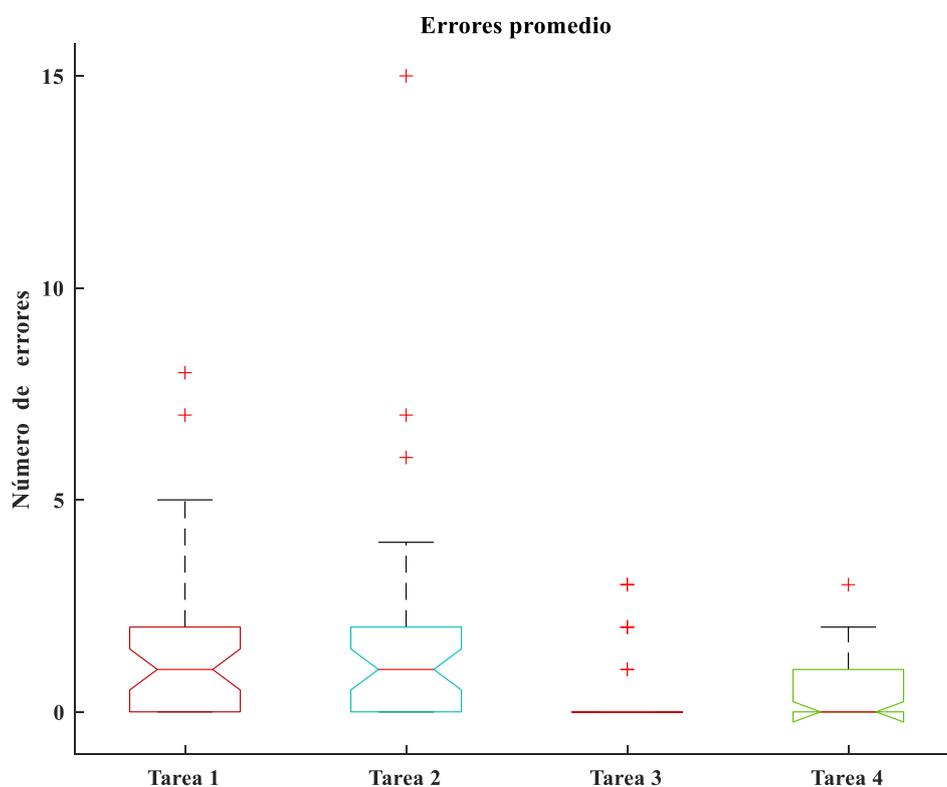


Figura 20. Promedio del número de errores cometidos por los participantes durante el desarrollo de tareas aplicación Pruebas Diagnósticas. Mismo comentario que fig. 18

Finalmente, con respecto a la encuesta de satisfacción adelantada (Figura 21), la herramienta en general obtuvo un muy buen rendimiento, exceptuando por la categoría de solución de errores, que nuevamente cae por debajo del 70%, siendo la que alcanzó menos satisfacción en los usuarios. Es importante aclarar que la mejoría que se tiene para este caso seguramente viene dada por la costumbre que van adquiriendo los usuarios a las herramientas y sus formas de uso (que son similares para las dos herramientas evaluadas), consideración que se tuvo presente durante el análisis de información y datos.

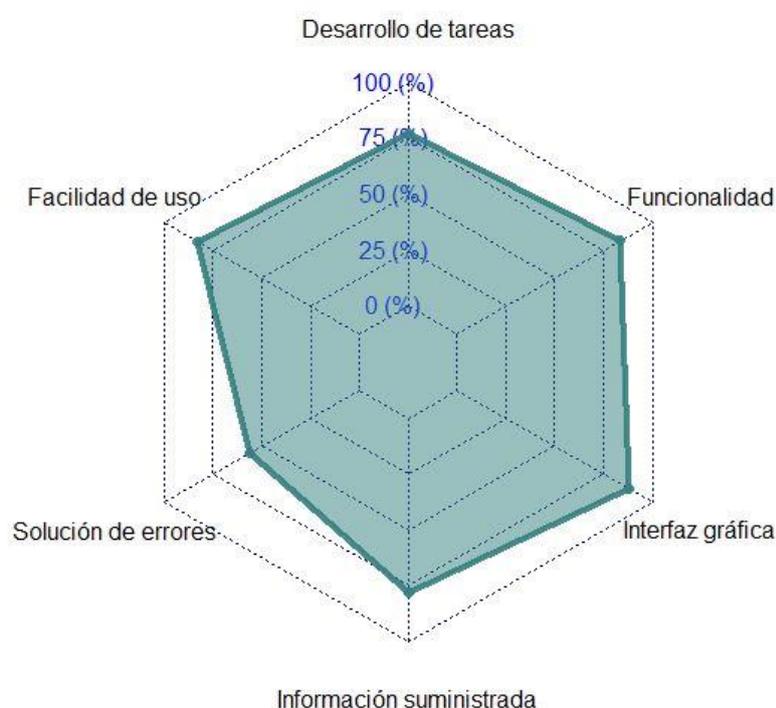


Figura 21. Diagrama de araña encuesta de satisfacción para la aplicación Pruebas Diagnósticas.

5.4 Discusión

Las pruebas de usabilidad, como medida de calidad en el desarrollo de software, se han llevado a cabo por múltiples autores en diferentes áreas del conocimiento [126]–[130], con la finalidad de dar evidencia de la capacidad que tiene la herramienta para facilitarle al usuario una navegación cómoda e intuitiva. Así, según la conceptualización considerada por la ISO, la usabilidad se puede dividir en tres principios básicos que son: facilidad de aprendizaje, flexibilidad y robustez [116]. Estas medidas fueron realizadas a

través de los atributos relacionados en la Tabla 13, los cuales fueron especificados y configurados de dicha manera debido a las características y naturaleza misma que tienen cada una de las herramientas. Las Tabla 14 y Tabla 15 resumen las medidas relacionadas con la eficiencia, resaltando, para el caso de la aplicación Anatomía y Fisiología, un aumento en la dificultad e intuitividad para realizar las Tareas 3 y 4, causado probablemente porque son tareas que plantean escenarios de simulación y no la búsqueda de información como son la 1 y 2. Proveyendo información valiosa vinculada a la mejoría de controles y elementos adjuntos a estos. En este sentido, un estudio llevado a cabo por Jeff Sauro con 1200 participantes ha concluido que el promedio de eficacia normal en la evaluación de una aplicación es de 78% [131], motivo por el cual lo obtenido tanto por la herramienta Anatomía y Fisiología, como Pruebas diagnósticas, tanto individual como globalmente, se considera como muy bueno. Esto teniendo presente que es posible que una “buena” medida de eficacia dependa del contexto de uso planteado [132].

En términos del atributo de eficiencia, vinculado con los resultados mostrados en la Tabla 14, se evidencia que los tiempos más altos están relacionados a las Tareas 1 y 3. Para la Tarea 1, es posible que se deba al impacto que conlleva el uso de una nueva aplicación, ya que teniendo en cuenta el nivel de eficacia de 97,67% no se puede atribuir a un fallo u falta de intuitividad de la herramienta. Por otra parte, la Tarea 3, con una media de duración de 125 segundos y la efectividad más baja (78,51%), sugiere a los desarrolladores incluir elementos más explícitos que faciliten la simulación. Aun así, la eficiencia ha mostrado ser una medida muy sensible, ya que los errores de unos pocos usuarios pueden hacer que esta decaiga de forma importante. Este fenómeno es evidenciado al calcular la eficiencia global (68,49%), en donde al tener en cuenta el rendimiento de todos los participantes durante todas las tareas, esta disminuye drásticamente a comparación de los resultados individuales.

En concordancia con esto, se recolectó el número de errores que los participantes cometieron al realizar las diferentes Tareas, medida que resulta importante ya que puede afectar la productividad de los usuarios [133]. Estos resultados que se pudieron observar en la Figura 18 y Figura 20, en donde la mayoría de participantes se encontraban entre los 0 y 3 errores, tasa con alta relación a la efectividad, y que impacta de manera significativa la eficiencia, ya que conlleva a que el usuario deba gastar tiempo en descubrir cómo corregirlo [134]. Esto significa que en tanto el 80% de la población se encuentre entre esta cantidad de errores, será necesario considerar que la herramienta

puede mejorar su intuitividad para disminuir este valor y, por tanto, aumentar la eficiencia.

En cuanto al grado de satisfacción mostrado por los usuarios, resumido en la Figura 19 y Figura 21, la categoría que cae más bajo es la solución de errores, con una media de aceptación de 49,48% y 62%, resultado que pone de manifiesto la urgencia de incluir en la herramienta mejores elementos de guía y solución de errores. Esto refuerza la idea de una caída de eficiencia debido a la baja capacidad de la ayuda tecnológica para proveer mejores mensajes de apoyo a la solución de errores. Aun así, cabe resaltar que debido a la alta desviación que presenta, seguramente hay usuarios que tienen más experiencia en el manejo de este tipo de herramientas y pudieron solucionar de manera más eficiente los errores que cometieron durante su interacción con la aplicación. Por otra parte, en cuanto a la facilidad de uso con media de 75,08% y 77,00%, sugiere la inclusión de elementos más claros de interacción, por ejemplo, iconos que resalten más a la vista. Además, los resultados en las categorías realización de tareas, información suministrada y funcionalidad, con medias de 68,83%, 74,57% y 80,23% respectivamente para la aplicación Anatomía y Fisiología y 77%, 80% y 84,2% para Pruebas Diagnósticas, podrían ser indicio de mejora en la calidad o forma de la información mostrada, esto pensando que, dada la naturaleza de la aplicación (enseñanza), se esperaría una mejor percepción de estos elementos.

Así, se entiende que ambas herramientas alcanzan un alto grado de calidad, cuyos resultados obtenidos en las pruebas de usabilidad permitieron no solo dar evidencia de ello, si no identificar cuales mejoras podrían ayudar a una mejor navegación del usuario en versiones posteriores de las aplicaciones Web como herramientas de apoyo en procesos de enseñanza - aprendizaje.

6 Validación de aprendizaje e impacto

En la actualidad, la escasez mundial de médicos, enfermeros, parteras y trabajadores relacionados a las ciencias de la salud se ha estimado en 7,2 millones [135], y se espera que alcance los 12,9 millones para 2035, haciéndose esta más evidente en los países de ingresos bajos y medios a causa de la migración de estudiantes y trabajadores calificados [136]. Escasez que puede agravarse por la debilidad, en ciertas áreas, de los programas de formación para equipar a los alumnos con las habilidades, competencias y experiencia necesaria para afrontar las realidades de los entornos en el que van a trabajar [137]. Por este motivo se han concentrado esfuerzos y recursos en desarrollar e implementar estrategias que puedan conducir a un aumento y mejora del número y calidad de los trabajadores de la salud [138]. En este contexto, el e – learning ha sido reconocido como una de las plataformas estratégicas clave para construir sistemas sólidos de educación y capacitación en salud [139]. E - learning es un concepto que describe una amplia gama de estrategias de enseñanza – aprendizaje que se basan en el uso de dispositivos electrónicos como herramientas de formación, comunicación e interacción [140]. Además, este facilita el aprendizaje a distancia que puede abordar algunos problemas relacionados con la disponibilidad de recursos y superar las limitaciones geográficas o temporales, además reducir el costo.

E - leaning consiste en varios tipos de intervenciones que se pueden englobar de diferentes maneras dependiendo de las herramientas, el contenido, los objetivos de aprendizaje, los enfoques pedagógicos o los entornos de ejecución [141]. Estas herramientas han mostrado ventajas como alentar la motivación de los estudiantes [142], importante en estilos que se cimentan en la idea de un aprendizaje autodirigido, la eficiencia, organización y flexibilidad que presentan [143], [144], considerándose que permite una educación mejor centrada en el alumno, manteniéndolos activamente involucrados y aumentando la eficiencia de la autoevaluación [145]–[147], facilitando la retroalimentación individualizada. En donde algunos estudios sugieren que es tan eficaz o más que el aprendizaje tradicional e incluso tiene efectos positivos en el rendimiento de los estudiantes [148], [149].

El presente capítulo busca desarrollar e implementar una estrategia que facilite evidenciar la efectividad y aprendizaje a partir de la interacción con la herramienta Anatomía y

Fisiología. Este es un aspecto altamente relevante al momento de valorar la ayuda construida y las posibles actualizaciones que deben considerarse para versiones futuras de las mismas.

6.1 Metodología

La metodología para alcanzar una medida de que verifique el aprendizaje de los estudiantes se dividió en dos. Por un lado, se realizó el diseño experimental mediante el cual fuera posible evaluar el uso de la herramienta, especificándose el protocolo a seguir y las variables medibles. Y por el otro, se desarrolló la implementación del protocolo diseñado, con el objetivo de verificar su potencial uso en otras áreas que busquen evaluar y medir la efectividad de herramientas digitales desarrolladas para la enseñanza – aprendizaje. Se estructuró un procedimiento en el que se contempla el uso particular de las herramientas como elemento para el soporte del aprendizaje. Actividad que fue realizada de manera virtual mediante el uso de la aplicación zoom (ver Figura 22, [Link de acceso al video de la clase](#)) y el diseño de una página web (Figura 23, [Link de acceso a la página de validación](#)) que facilitó el desarrollo de las diferentes actividades planificadas.



Figura 22. Pantallazo correspondiente a la sección de clase magistral llevada a cabo durante el experimento.

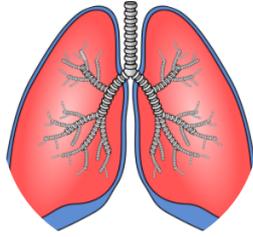
En esta sección encontrará las pruebas relacionadas al desarrollo del experimento para alcanzar una medida de impacto de la aplicación. Por favor, siga las instrucciones del docente y de los investigadores a cargo.

Prueba A

Prueba B

Prueba C

A usted se le asignará, durante la clase, el acceso a alguno de los siguientes contenidos: aplicación (Grupo A) y material de estudio (Grupo B).



Acceso a la app



Material Estudio

Para finalizar, descargue y diligencie el siguiente documento: [Experiencia de uso](#). Luego de diligenciado, por favor cargue el documento en el espacio

Figura 23. Página desarrollada para adelantar los procesos de validación.

6.1.1 Diseño del experimento

El diseño experimental planteado se basó en la idea de conocer el efecto de la aplicación en el proceso de enseñanza de algunas de las temáticas disponibles en las ayudas tecnológicas. Para esto, se definió al “uso de la herramienta” como el factor controlable, el cual poseía dos niveles que fueron: uso de material escrito tradicional y uso de la herramienta. Por otro lado, se definieron como variables fijas todos aquellos elementos que se consideran comunes para cualquier experimento que se realice como puede ser el docente que da la clase, la metodología de enseñanza o la clase recibida. Finalmente, se especifican aquellas características que pueden introducir ruido aleatorio a la salida y no se pueden controlar, como es la concentración del estudiante durante la clase, la realización de actividades evaluativas o la motivación por la temática abordada.

La Figura 24 evidencia el diagrama de procesos que resume todo lo mencionado anteriormente. La salida medible es el resultado que obtengan los estudiantes durante la aplicación de una prueba de conocimientos.

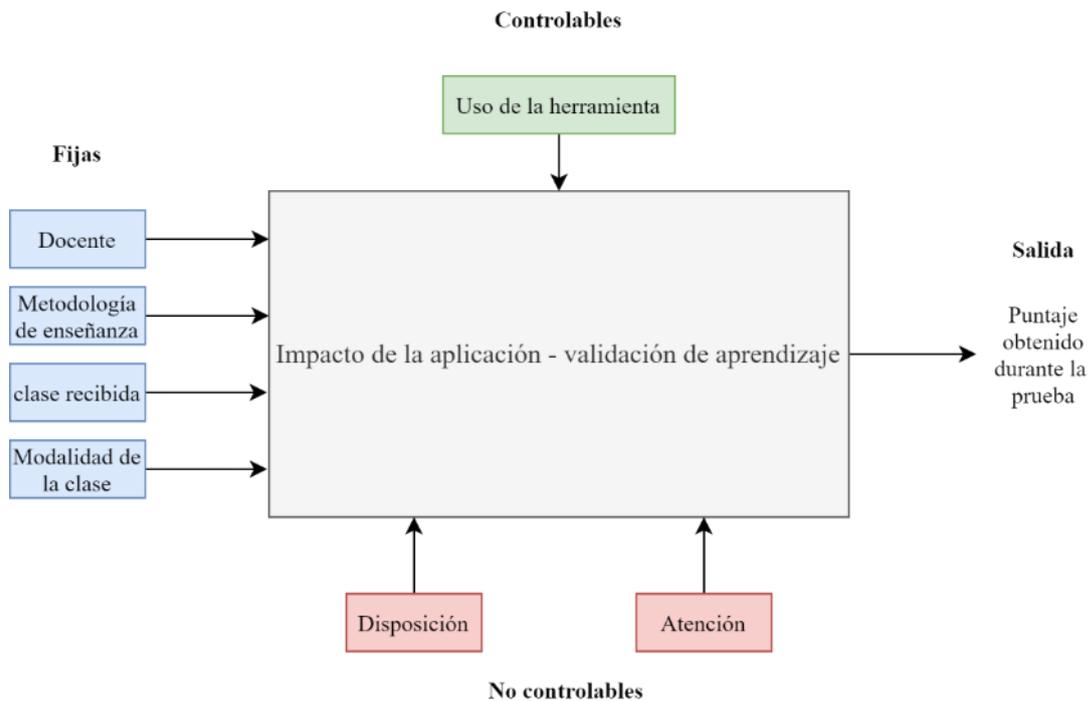


Figura 24. Diagrama de proceso diseñado para la medición del impacto de las aplicaciones.

En la Figura 25 se observa el protocolo seguido para verificar el posible impacto de la ayuda tecnológica diseñada en el aprendizaje de los estudiantes. Inicialmente se les realiza a los estudiantes una prueba que busca identificar los conocimientos previos que este tiene sobre la temática. Prueba, que al igual que sus pares, tenía una duración máxima de 10 minutos y fue de selección múltiple. Posterior a esto, se procede a dar una clase magistral con duración aproximada de 90 minutos, la cual contemplaba como única restricción estar orientada, de cierta manera, hacia los conocimientos que se desean evaluar, que para el presente caso fue fisiología de la mecánica ventilatoria del sistema respiratorio. Terminada esta actividad se procede a desarrollar una segunda prueba de conocimientos, que tiene como objetivo principal discriminar lo que el alumno aprendió de la clase. En cuarto lugar, se desarrolla lo que se denominó actividad independiente, que para el presente caso fue una exploración libre, tanto de la aplicación, como del material escrito preparado (ver Anexo 4). Se finaliza con una última prueba de conocimientos que busca facilitar la identificación del efecto y posible utilidad de la aplicación Web Anatomía y Fisiología como soporte de las clases magistrales.

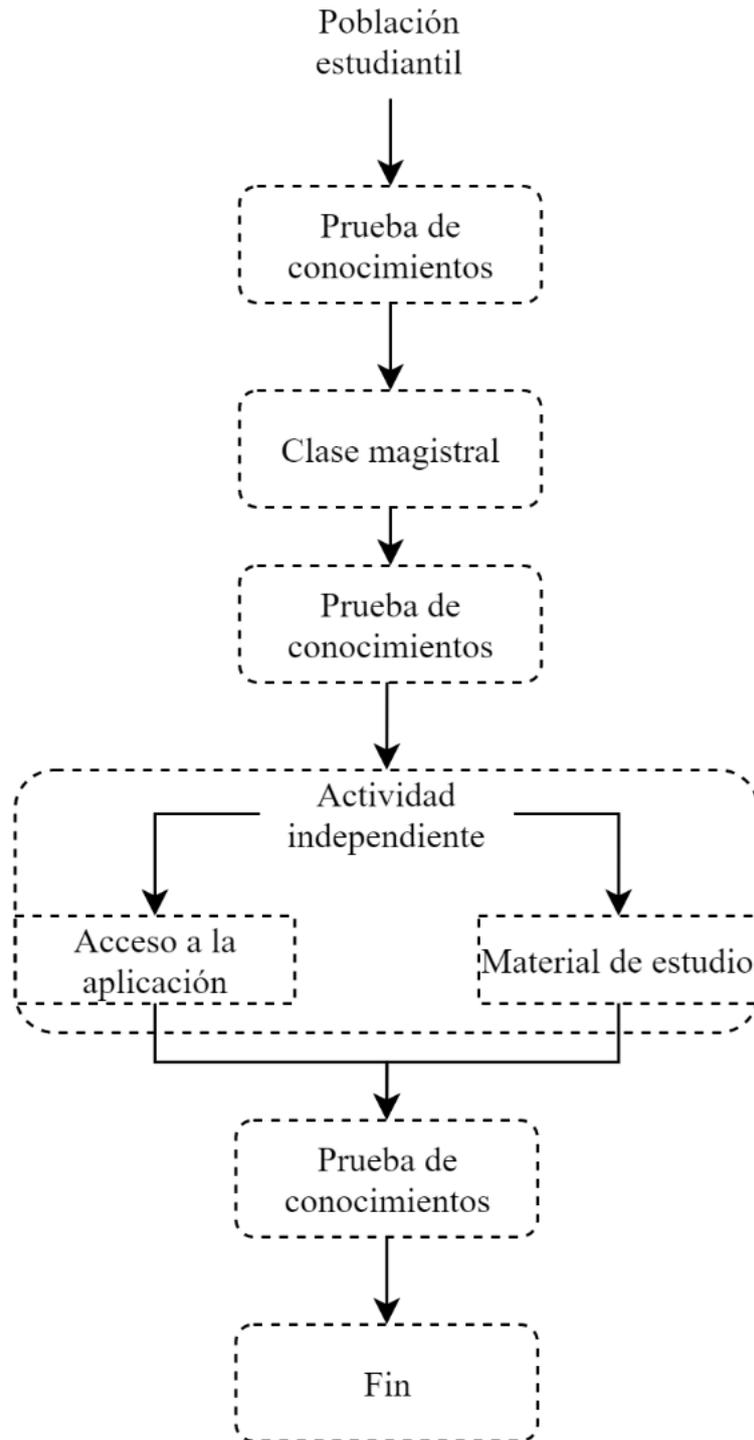


Figura 25. Protocolo sugerido para la evaluación de la efectividad de las herramientas.

6.1.2 Diseño de las pruebas

La construcción de las pruebas mediante las cuales se buscó medir el nivel de conocimiento de los estudiantes en el área de interés se realizó en múltiples iteraciones.

Inicialmente se buscó un grupo de docentes que pudiesen impartir la clase, preguntando a estos que tanto contenido era posible dar en aproximadamente 90 minutos, en donde se determinó que de la herramienta Anatomía y Fisiología, solo era posible evaluar la primera sección (ventilación), por lo que los cuestionarios deberían centrarse en el proceso de la mecánica ventilatoria. Una vez se definió esto, se procedió de acuerdo al criterio de los investigadores a diseñar preguntas en 3 niveles diferentes de dificultad, (ver Anexo 5), esto con el fin de poder observar, desde diferentes perspectivas que tanto era capaz de abstraer el estudiante tanto de la clase como del uso de la ayuda y material didáctico. De manera continuada, se contactó al docente encargado de la clase para analizar las preguntas y el grado de dificultad de las mismas, tal que se realizaran las correcciones necesarias previas al momento de la clase.

Los cuestionarios finales se compusieron por 5 preguntas (debido a que tenían análisis gráfico) relacionadas con la mecánica ventilatoria, en donde lo que cambiaba entre Prueba y Prueba (A, B y C) (ver Anexo 5) era la estructura de la pregunta mas no las opciones de respuesta que estas tenían. Lo anterior, considerando algunas recomendaciones que apuntaban a que, si se cambiaba la pregunta de manera drástica, no era posible realizar comparaciones sobre los resultados de los diferentes puntos temporales (T-I, T-II y T-III).

6.1.3 Población

La población se compuso por sujetos que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión:

- Profesional en formación vinculado al área de las ciencias de la salud.
- Profesional en formación con conocimientos básicos sobre el área de enseñanza de la herramienta.

Cincuenta y dos estudiantes del Programa de Terapia Respiratoria de la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas fueron vinculados al experimento (26 como control y 26 como grupo experimental), siendo 30 de estos pertenecientes a segundo semestre (morfofisiología II) y 22 a tercer semestre (morfofisiología III).

El primero grupo se compuso por 91% de mujeres y 9% de hombres, mientras que el segundo grupo 90% eran mujeres y 10% hombres, que oscilaban entre los 19 y 23 años de edad. Todos los voluntarios leyeron y firmaron el consentimiento informado, de acuerdo a las regulaciones del Comité de Bioética del Instituto de Investigación Médica de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia (F-017-00, Act No. 011, May 2019).

6.1.4 Análisis de datos

El análisis se centró en la comparación de las pruebas de hipótesis relacionadas con el diseño experimental planteado, evaluándose si había diferencias significativas entre las pruebas y los grupos. Para esto se planteó el uso de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis entre las pruebas y los diferentes grupos conformados. en términos de los grupos, se realizó la comparación entre las subdivisiones de estos, esto es morfofisiología II (material escrito y aplicación) y morfofisiología III (material escrito y aplicación), y un análisis en los que se unen a los dos grupos. Se reporta el valor de la chi y P, manteniendo un grado de confianza del 95%, se adelantan las pruebas post hoc Mann Whitney para observar las diferencias entre los tres puntos temporales establecidos (ver Figura 26). Adicional a lo anterior, se realizó un análisis gráfico para observar el comportamiento de los grupos en los diferentes tiempos T-I, T-II y T-III, con el objetivo de dar evidencia explícita de la efectividad de la herramienta. Finalmente, se optó por adelantar un análisis de información mutua en los diferentes puntos temporales, medida un poco más robusta que facilita observar cómo se van pareciendo cada vez menos los grupos conforme avanza el experimento.

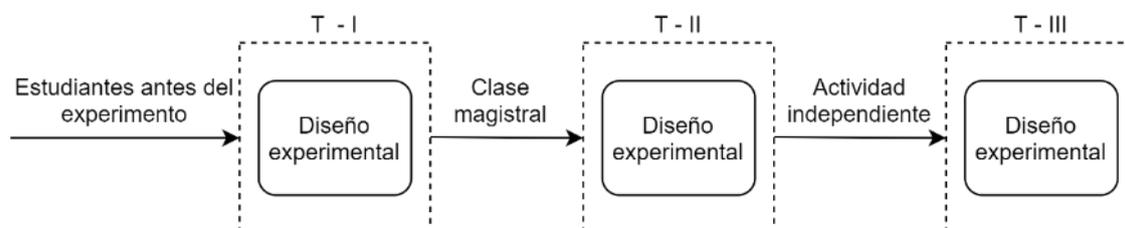


Figura 26. Puntos temporales para el análisis entre las Pruebas A, B y C realizadas durante el experimento.

6.2 Resultados

Según el análisis de Kruskal Wallis relacionado a los tres puntos temporales (T-I, T-II y T-III), existen diferencias significativas entre estos, arrojando un valor P de 0.0003. En tanto, la Tabla 16 muestra los resultados correspondientes a las pruebas post hoc (Mann Whitney) en donde se detalla como las diferencias más significativas se presentaron entre las Pruebas A y C, seguido por las de B y C, resaltando además que según los valores obtenidos, no hubo diferencias entre las Pruebas A y B, por lo que se podría presumir que entre el ingreso (Prueba A) y la finalización de la clase (Prueba B) hubo una mejoría, pero no suficiente para denotar altas diferencias.

Tabla 16. Pruebas Post Hoc Mann Whitney para el análisis de información efectividad. Deben decirse cuales fueron las pruebas

Prueba	A	B	C
A	-	0.158	6.027 e-05
B		-	0.013
C			-

Siguiendo con esta idea, la Tabla 17 resume los resultados obtenidos para los tres análisis adelantados, en donde se puede observar como las mayores diferencias, para todos los casos fueron más claras durante la Prueba C, siendo las más significativas las del grupo de morfofisiología III con un valor P de 0.030. En este sentido, si bien el resto de valores no entran dentro de la significancia manteniendo una confiabilidad del 95%, para los casos del punto temporal T-III de morfofisiología II y el análisis de todos, este se encuentra muy cerca, por lo que se podría intuir que con más muestras probablemente estos mostrarían diferencias significativas.

Tabla 17. Resultados prueba de diferencias Kruskal Wallis para los diferentes grupos y subgrupos.

Materia	Prueba	Grupo	Media (SD)	Chi	Valor P
Todos	Prueba A	1	1.00 ± 0.76	0.96	0.328
		2	1.24 ± 0.93		
	Prueba B	1	1.24 ± 0.97	1.24	0.237
		2	1.60 ± 1.05		
	Prueba C	1	2.28 ± 0.94	3.43	0.064
		2	1.68 ± 1.15		
Morfofisiología II	Prueba A	1	1.15 ± 0.90	0.40	0.527
		2	1.29 ± 0.67		
	Prueba B	1	1.38 ± 0.96	0.23	0.630
		2	1.59 ± 1.12		
	Prueba C	1	2.23 ± 1.01	2.91	0.088
		2	1.47 ± 1.18		
Morfofisiología III	Prueba A	1	0.90 ± 0.57	0.14	0.700
		2	1.00 ± 1.25		
	Prueba B	1	1.20 ± 1.03	0.40	0.526
		2	1.50 ± 0.97		
	Prueba C	1	2.70 ± 0.82	4.68	0.030
		2	1.70 ± 0.95		

Con el fin de reforzar lo anterior, se optó por realizar un análisis de información mutua mediante el cual fuera posible observar si, conforme se avanzaba en las pruebas, los dos grupos se parecían cada vez menos, pudiendo ser un indicador de discriminación entre estos. la Tabla 18 resume los resultados obtenidos, en donde es posible observar que, para todos los casos, los grupos se discriminan mientras avanzan en los puntos, recordando que el T-I corresponde a los estudiantes antes de realizar el experimento, el T-II, a estos después de la clase magistral, y el T-III, después de realizar la actividad independiente (en donde unos implementaban la ayuda desarrollada y otros trabajaban con material tradicional). En este contexto, resaltar el comportamiento particular del grupo de morfofisiología III, que fue el que empezó siendo más homogéneo y terminó siendo el que menos información compartía, lo cual puede informar sobre el público objetivo que mejor se ajusta a esta ayuda.

Tabla 18. Análisis de Información Mutua a los grupos de estudiantes que realizaron el experimento de aprendizaje.

	Grupo	Información mutua T-I	Información mutua T-II	Información mutua T-III
Todos	1 (APP)	0.195	0.159	0.105
	2 (ME)			
Morfofisiología II	1 (APP)	0.155	0.113	0.109
	2 (ME)			
Morfofisiología III	1 (APP)	0.400	0.161	0.047
	2 (ME)			

Finalmente, de la gráfica mostrada en la Figura 27, es posible concluir que a lo largo de las diferentes pruebas, los estudiantes van mejorando en la calificación, que a pesar de ser reprobatoria en términos de la media, evidencia la utilidad del uso de la herramienta en el aprendizaje de la temática en evaluación, resaltando las grandes diferencias que hay particularmente en el punto (T-III) relacionado al uso de la aplicación desarrollada.

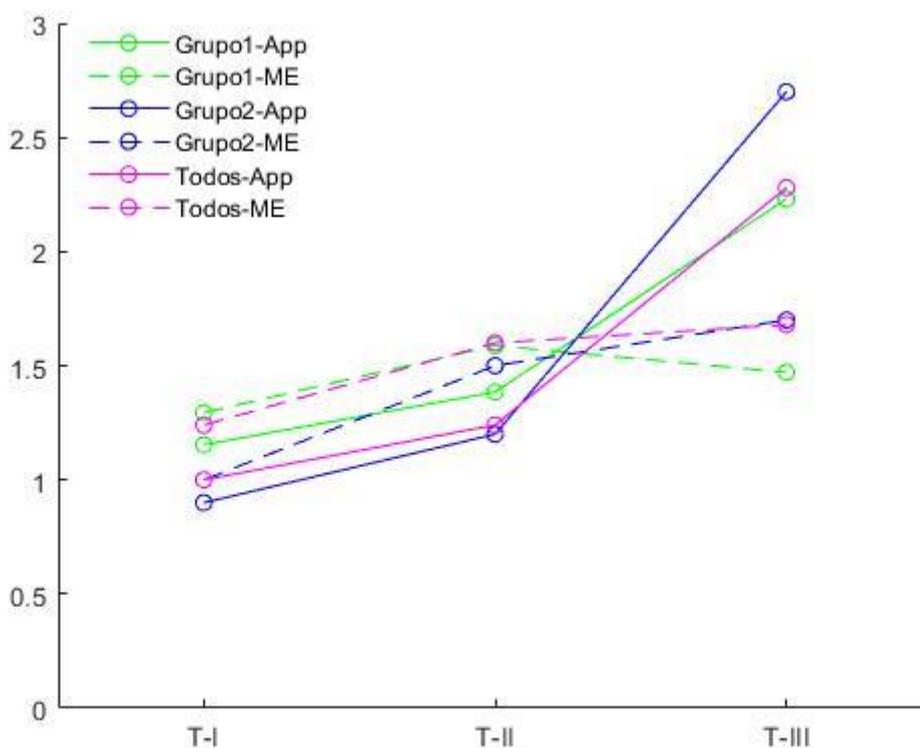


Figura 27. Media de calificación en los diferentes puntos temporales- ME: Material Escrito; App: Aplicación.

6.3 Discusión

El desarrollo de una medida que permita evaluar la efectividad de una herramienta web o móvil en el aprendizaje de estudiantes a diferentes niveles de conocimiento ha venido tomando fuerza conforme lo hacen los desarrollos tecnológicos [150]–[153]. Teniendo presente que este tipo de ayudas se ha convertido en un indicador de calidad para las instituciones de educación superior en Colombia [19], el experimento diseñado tenía como objetivo final lograr aportar información sobre el grado de aprendizaje que logran los estudiantes cuando utilizan la herramienta como apoyo durante este proceso. Diseño que si bien no obedece a los estudios de impacto tradicionales, comúnmente más longitudinales en el tiempo [154], [155], logra aportar suficiente información puntual relacionada con la mejoría que estos pueden tener al utilizar la ayuda como soporte de clases teóricas tradicionales. la estructura del experimento (ver Figura 24) se planteó pensando en obtener información estadística relacionada al efecto del uso o no de la herramienta sobre la nota de una evaluación, para lo cual se consideró la variable controlable uso de la herramienta, en donde si bien esta podría adquirir múltiples niveles según el tipo de ayuda tradicional que se manejara, pudiendo estar ser discriminada en artículos, libros y búsqueda web, se tomó la decisión de construir un material independiente que permitiera homogeneidad en la medida. Material que estuviera totalmente relacionado con la sección de la ayuda tecnológica que se encontraba en evaluación. Por otra parte, se tomó en cuenta la disposición y atención de los estudiantes como factores que podría ingresar ruido aleatorio, el cual está aumentado debido a que el experimento se adelantó de manera virtual, por lo que era imposible observar el estado de concentración que tenían los alumnos durante la actividad.

En este contexto, se definió y describieron las condiciones del protocolo mostrado en la Figura 25, en donde cada prueba de conocimientos debía ser solucionada en un tiempo máximo de 10 minutos. Este tiempo se estimó para que el estudiante resolviera cinco preguntas de opción múltiple relacionadas con el análisis gráfico y las variables mecánicas del sistema respiratorio, las cuales tenían las mismas respuestas, pero modificados sus enunciados. Lo anterior pensando en que no se puede cambiar el instrumento con el que se adquiere la información mediante la cual se llega a una conclusión estadística sobre una población en particular.

Los resultados obtenidos durante la prueba de Kruskal Wallis para los puntos temporales, mostró que entre las 3 pruebas (puntos) si existían diferencias significativas, sin embargo, no daba claridad entre cuales de ellas se encontraba esta. Motivo por el cual se realizaron las pruebas post Hoc mediante el estadístico Mann Whitney, en donde los resultados (ver Tabla 16) resaltan que, para las evaluaciones consideradas, las diferencias se encuentran especialmente cuando los alumnos implementan de forma activa la ayuda tecnológica. si bien los resultados de la prueba después de la clase (T-II) parecieran ser menos significativos que el uso de la herramienta (T-III), es posible que este último resultado sea consecuencia de la acumulación de la clase y la actividad independiente planteada, suposición que se refuerza al observar estudios que muestran que uno de los factores de incidencia en el éxito del e – learning son los métodos pedagógicos con ayuda tecnológica [156]. En la misma línea, se podrían observar los resultados vinculados con la Tabla 17, en donde lo que más llama la atención no es solo las diferencias cada vez más marcadas entre los grupos conforme avanzan, si no que el grupo que mejor desempeño obtiene es el de morfofisiología III, razón por la cual se podría intuir que la herramienta está dirigida a un público que posea bases un poco más robustas sobre la fisiología. Por otra parte, si bien algunas de estas no alcanzan a mostrar diferencias significativas con respecto al nivel de confianza planteado, se denota que flexibilizándolo se podría concluir significancia en términos de las diferencias.

En concordancia con lo anterior, se adelantó el análisis de información mutua para aportar información adicional a las conclusiones ya planteadas. en los resultados mostrados en la Tabla 18 se puede detallar como los dos grupos se van discriminando conforme avanzan en los puntos temporales, siendo el grupo de morfofisiología III el que alcanzó la mayor diferencia entre la información compartida por el grupo control y el experimental. Reforzando las ideas que se venían trabajando con anterioridad y que se reflejan, además, en la Figura 27 donde se puede ver con claridad como al realizar el uso de la herramienta, las medias de la calificación cambian drásticamente.

Para finalizar, consensuar que desde el punto de vista del experimento planteado es posible observar de manera puntual las ayudas que presta la herramienta al docente para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje del estudiante. Actividades que deben perdurar en el tiempo para que los resultados se vean longitudinalmente. En este sentido, la aplicación mostro no solo ser de utilidad, si no que una alternativa interesante para la formación de profesionales en programas de educación superior.

7 Conclusiones y trabajo futuro

- El proceso de ingeniería de requerimientos facilita el desarrollo de herramientas más completas ahorrando tiempo y recursos, en donde los requisitos de contenido facilitan la priorización y puntualización de las temáticas más relevantes a considerar para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje mediante construcción de ayudas que soporten aquellos elementos que más se le puede dificultar aprender al estudiante o enseñar al docente. Por otra parte, los requerimientos pedagógicos proporcionan una idea sobre la estructura que la ayuda tecnológica podría tener en pro de favorecer los procesos mentales de los alumnos, siendo estos una de las claves del éxito del e – learning. De la misma forma, los requisitos funcionales y no funcionales permiten la fabricación de aplicaciones más completas mediante la identificación de puntos débiles y fuertes de otras, lo que potencia el mercado y la inclusión de este tipo de tecnología a programas de educación superior.
- La estrategia implementada para la validación de contenido, concebida desde la perspectiva de la validación de test, mostró ser útil para aportar información sobre la calidad del contenido en términos de los 6 constructos planteados, permitiendo discriminar e identificar cuáles de estos se debe corregir, complementar o cambiar. Adicional a esto, a través del análisis en cascada y el valor de validez, facilita suministrar, en términos de porcentaje, la validez de contenido que son capaces de alcanzar las diferentes estructuras evaluadas hasta llegar a la aplicación completa. los estadísticos V de Aiken e IVC mostraron ser útiles para llegar a esta medida, soportados por aquellos relacionados al acuerdo inter jurado Brennan Prediger y AC de Gwet. Así, las aplicaciones Anatomía y Fisiología, y Pruebas Diagnósticas evaluadas alcanzan un buen grado de validez de contenido (74,3% y 84% respectivamente), no obstante, debido a que se busca incluirlas en programas vinculados a instituciones de educación superior, estas deben ser corregidas hasta alcanzar valores de validez por encima del 95%.

- La metodología MUSiC mostró ser de alta utilidad para adelantar las pruebas de usabilidad de las herramientas, siendo fundamentales como medida de calidad del software. Las aplicaciones lograron alcanzar buenas medidas de usabilidad tanto en efectividad como en eficiencia, necesitando mejorar algunos aspectos relacionados con la simulación y funcionalidad de ciertas secciones de estas. Además, considerando las encuestas de satisfacción, es importante incluir elementos de ayuda que permitan la solución de errores de manera más ágil y eficiente. Dicho esto, ambas lograron alcanzar altos niveles de satisfacción en las áreas más importantes (suministro de información, funcionalidad y desarrollo de tareas), lo que implica que las ayudas poseen buena calidad. Sin embargo, dado el objetivo para el cual se encuentran construidas, deben ser pulidas con el objetivo de alcanzar los niveles máximos en todos los elementos analizados.
- La estrategia de validación de aprendizaje utilizada, si bien es una prueba que no es longitudinal, aporta información sobre el aprendizaje puntual que podrían tener los alumnos al utilizar la ayuda como soporte de su proceso. El diseño experimental planteado mostró ser útil para aportar información estadística sobre la incidencia que tiene el uso o no de la herramienta sobre el resultado de una prueba (variable con la que se trató de medir el aprendizaje), identificando, además, posibles elementos de introducción de ruido, dando una idea sobre los elementos que hay que tratar de mantener fijos para que no se convierta en otra fuente de esto. Lo anterior, desembocó en un protocolo sencillo con el que se discrimina, de manera parcial, el aprendizaje de los estudiantes antes de la clase, después de esta y después del uso de la herramienta.
- Los protocolos diseñados permiten llevar a diferentes grupos de trabajo interdisciplinarios a un desarrollo fluido de aplicaciones para la enseñanza aprendizaje, permitiéndoles evaluar la calidad en diferentes aspectos que se quieran evaluar y la efectividad que esta puede tener sobre la población objetivo.

Cómo trabajo futuro, se requiere abordar las siguientes problemáticas para consolidar los resultados obtenidos en este trabajo y el protocolo de validación propuesto:

- **Validación de contenido:** Es importante considerar otras estructuras que faciliten realizar una identificación tal vez más ágil, trabajando desde la perspectiva de constructos más correlacionados. Adelantando además un análisis factorial, tanto exploratorio como confirmatorio del instrumento, para verificar que efectivamente este levanta los constructos esperados, verificando la consistencia interna del mismo. Además, se podría abordar otros estadísticos, tanto de validez como de acuerdo inter juez, para poder concluir cuál de estos se ajusta mejor a cada tipo de evaluación.
- **Pruebas de usabilidad:** Se recomienda reformar algunas estructuras de la prueba tal que sea cada vez más idónea para las aplicaciones, pudiéndose incluso implementar estrategias alternativas que pudiesen ajustarse más a la forma de las herramientas.
- **Validación de aprendizaje:** Se propone flexibilizar el experimento, tal que se incorporen variantes que permitan identificar elementos adicionales como lo es la idea relacionada a que los resultados de los estudiantes en el punto C son la suma de la clase más la ayuda. Además, es vital alargar el tiempo de este, tratando de controlar al máximo el ruido inherente que entrara a la medida. En este mismo contexto, es relevante tratar de verificar si el programa también afecta los resultados obtenidos (añadido como variable controlable al diseño experimental), ya que puede ser que la herramienta este más orientada a estudiantes de medicina que de terapia respiratoria. A este mismo diseño se le podría incluir más variables respuesta, como pueden ser pruebas psicológicas, tiempo de interacción con la aplicación, entre otras, que seguramente aporten información relevante sobre la efectividad de la aplicación como apoyo al aprendizaje.

8 Bibliografía

- [1] D. R. Garrison, *E-Learning in the 21st century: A framework for research and practice, Second edition*, no. April 2016. 2011.
- [2] la ciencia y la cultura Organización de las naciones unidas para la educación, “Las TIC en la educación.” <https://es.unesco.org/themes/tic-educacion> (accessed Aug. 03, 2020).
- [3] S. Didou Aupetit, “La UNESCO y la educación superior, 2014-2017: aportes de la Reunión de Cátedras UNESCO sobre la educación superior, las TIC en la educación y los profesores,” *Organ. las Nac. Unidas para la Educ. la Cienc. y la Cult.*, pp. 1–4, 2014, doi: 10.1088/0953-8984/19/22/226206.
- [4] S. O. Ikenberry, “The university and the information age,” in *Challenges facing higher education at the millennium*, AZ: Oryx P., Phoenix, 1999.
- [5] D. M. Cardona, “Indicadores Básicos para Evaluar el Proceso de Aprendizaje en Estudiantes de Educación a Distancia en Ambiente e-learning Basic Indicators for Assessment the Learning Process in Students of Distance Education in Environment e- learning,” *Form. Univ.*, vol. 3, no. 6, pp. 15–31, 2010, doi: 10.4067/S0718-50062010000600004.
- [6] I. Motola, L. A. Devine, H. S. Chung, J. E. Sullivan, and S. B. Issenberg, “Simulation in healthcare education: A best evidence practical guide. AMEE Guide No. 82,” *Med. Teach.*, vol. 35, no. 10, pp. 142–159, 2013, doi: 10.3109/0142159X.2013.818632.
- [7] C. Andler, S. Daya, K. Kowalek, C. Boscardin, and S. M. van Schaik, “E-ASSESS: Creating an EPA Assessment Tool for Structured Simulated Emergency Scenarios,” *J. Grad. Med. Educ.*, vol. 12, no. 2, pp. 153–158, 2020, doi: 10.4300/JGME-D-19-00533.1.
- [8] Ministerio de la Protección Social, “Decreto 2376 del 1 Julio 2010,” 2010, [Online]. Available:

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO_2376_DE_2010.pdf.

- [9] M. L. Good, “Patient simulation for training basic and advanced clinical skills,” *Med. Educ.*, vol. 37, no. s1, pp. 14–21, 2003, doi: 10.1046/j.1365-2923.37.s1.6.x.
- [10] R. M. Bernard *et al.*, “How does distance education compare with classroom instruction? A meta-analysis of the empirical literature,” *Rev. Educ. Res.*, vol. 74, no. 3, pp. 379–439, 2004, doi: 10.3102/00346543074003379.
- [11] A. Ziv, P. R. Wolpe, S. D. Small, and S. Glick, “Simulation-Based Medical Education: An Ethical Imperative,” *Simul. Healthc. J. Soc. Simul. Healthc.*, vol. 78, no. 8, pp. 783–788, 2003, doi: 10.1097/01.sih.0000242724.08501.63.
- [12] R. Datta, K. K. Upadhyay, and C. N. Jaideep, “Simulation and its role in medical education,” *Med. J. Armed Forces India*, vol. 68, no. 2, pp. 167–172, 2012, doi: 10.1016/S0377-1237(12)60040-9.
- [13] J. D. · E. H. K. Jackson, *Requirements Engineering*. United Kingdom, 2017.
- [14] D. S. U. Krishnan, Dr. Divya G, Dr. Anukesh Vasu, “Pros and cons of simulation in medical education: A review,” *Int. J. Med. Heal. Res.*, vol. 3, no. 6, pp. 84–87, 2017, doi: 10.1038/ejcn.2014.65.
- [15] S. C. Guerrero-Aragón, M. F. Chaparro-Serrano, and Á. A. García-Perdomo, “Evaluación por competencias en salud: revisión de literatura,” *Educ. y Educ.*, vol. 20, no. 2, pp. 211–225, 2017, doi: 10.5294/edu.2017.20.2.3.
- [16] E. Salas, J. T. Paige, and M. A. Rosen, “Creating new realities in healthcare: The status of simulation-based training as a patient safety improvement strategy,” *BMJ Qual. Saf.*, vol. 22, no. 6, pp. 449–452, 2013, doi: 10.1136/bmjqs-2013-002112.
- [17] M. Notari, M. P., Hielscher, M., & King, “Educational Apps Ontology,” in *Mobile Learning Design: Theories and Application*, R. Huang, Kinshuk, M. Jemn, i N.-S. Chen, and J. M. Spector, Eds. Springer, 2016, pp. 83–96.
- [18] I. Jiménez Pitre, R. J. Martelo Gómez, and M. Peña Pertuz, “Diagnóstico sobre accesibilidad e integración digital dentro del sector universitario colombiano,” *Saber, Cienc. y Lib.*, vol. 12, no. 1, pp. 225–235, 2017, doi: 10.18041/2382-3240/saber.2017v12n1.1474.

- [19] F. Y. Mesa Jiménez and A. Forero Romero, “Las TIC en la normativa para los programas de educación superior en Colombia,” *Prax. Saber*, vol. 7, no. 14, p. 91, 2016, doi: 10.19053/22160159.5219.
- [20] María José Rubio, “FOCUS AND MODELS OF EVALUATION OF THE E-LEARNING,” pp. 101–120, 2003.
- [21] J. R. Arce and J. P. C. J. Pegueros, “The Impact Of m-learning On The Learning Process: Skills and Knowledge,” *Rev. Iberoam. para la Investig. y el Desarro. Educ.*, vol. 8, no. 15, 2017, doi: 10.23913/ride.v8i15.303.
- [22] S. Barteit, D. Guzek, A. Jahn, T. Bärnighausen, M. M. Jorge, and F. Neuhann, “Evaluation of e-learning for medical education in low- and middle-income countries: A systematic review,” *Comput. Educ.*, vol. 145, no. September 2018, 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103726.
- [23] I. N. de Salud, *Infección respiratoria aguda*. 2019.
- [24] W. M. Agudelo, “Modelación Computacional Para la Enseñanza y Aprendizaje del Movimiento Rectilíneo.” 2004.
- [25] M. Antonio and M. A. Moreira, “Aprendizaje significativo crítico (Critical meaningful learning),” *Indivisa. Bol. Estud. e Investig.*, no. 6, pp. 83–102, 2005.
- [26] D. Ausubel., “Significado y aprendizaje significativo.,” in *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, 1976.
- [27] A. Ortiz Ocaña, “Hacia una nueva clasificación de los modelos pedagógicos: El pensamiento configuracional como paradigma científico y educativo del siglo xxi,” *Praxis (Bern. 1994).*, no. 7, pp. 121–137, 2011, doi: 10.21676/23897856.18.
- [28] K. E. Barrett and S. Boitano, *GANONG Fisiología médica 25 edición*. 2016.
- [29] G. De Castro, “The styles of learning in the education and learning : A proposal for its implementation,” *Rev. Invest. (Guadalajara).*, vol. 58, 2005.
- [30] D. A. Kolb, *Experiential Learning: Experience as the source of learning a development*. New Jersey: Pearson Education, Inc, 2014.
- [31] L. K. Felder, Richard M, “Learning and Teaching Styles in Engineering Education,” *Eng. Educ.*, vol. 78, no. 7, pp. 674–681, 1988.

- [32] M. Alonso and P. Ospina, “Learning Styles Models: An upgrade for their revision and analysis,” *Rev. Colomb. Educ.*, pp. 79–105, 2013.
- [33] R. Isela, G. Fitch, R. E. Parga, C. Romero, J. Ernesto, and R. Barrios, “Holistic Educative Model: A Proposal for Aiming to Strengthen Integral Training of Human Being,” *Actual. Investig. en Educ.*, vol. 15, pp. 1–25, 2015.
- [34] A. Á. de Bravo, “Modelo de Aprendizaje Holístico del ser: Una Propuesta Pedagógica en Orientación,” *Rev. estilos Aprendiz.*, vol. 2, pp. 177–195, 2009.
- [35] L. K. Felder, Richard M, “Learning and Teaching Styles in Engineering Education,” *Eng. Educ.*, no. August, 1988.
- [36] B. JOYCE, *Modelos de enseñanza*. New Jersey: Prentice Hall INC, 2012.
- [37] C. H. García, “El refuerzo y el estímulo discriminativo en la teoría del comportamiento. Un análisis crítico histórico-conceptual,” *Rev. Latinoam. Psicol.*, vol. 33, no. 1, pp. 45–52, 2001.
- [38] V. H. Méndez Estrada, A. Villalobos Pérez, C. D’Alton Kilby, J. Cartín Quesada, and L. A. Piedra Garcia, “Los Modelos Pedagógicos Centrados En El Estudiante : Apuntes Sobre Los Procesos de Aprendizaje y Enseñanza,” 2012.
- [39] M. J. Carrasco Galán and M. Prieto Ursúa, “Skinner, contribuciones del conductismo a la educación,” *Publicación la Fac. Ciencias Humanas y Soc.*, vol. 0, no. 367, p. 77, 2016, doi: 10.14422/pym.i367.y2016.014.
- [40] R. Flórez, “Hacia una pedagogía del conocimiento,” *Rev. Educ. y Pedagog.*, vol. 12–13, p. 311, 1994, [Online]. Available: [https://www.google.com.co/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=hacia una pedagogia del conocimiento](https://www.google.com.co/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=hacia+una+pedagogia+del+conocimiento).
- [41] R. Flórez, “Hacia una pedagogía del conocimiento,” *Rev. Educ. y Pedagog.*, vol. 12–13, p. 311, 1994.
- [42] C. R. Coloma, “El constructivismo y sus implicancias en educación,” *Educación*, vol. 8, no. 16, pp. 217–244, 1999.
- [43] D. Ortiz Granja, “El constructivismo como teoría y método de enseñanza,” *Sophía*, vol. 1, no. 19, p. 93, 2015, doi: 10.17163/soph.n19.2015.04.

- [44] M. Carretero, “El Constructivismo Como Modelo,” pp. 1–5, 1999, [Online]. Available: escuelainteligente.edu.ec/docs/constructivismo.pdf%5Cn.
- [45] G. Siemens, “Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age,” 2005. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm (accessed Aug. 10, 2020).
- [46] L. G. Campos, “Conectivismo como teoría de aprendizaje: conceptos, ideas, y posibles limitaciones Connectivism as a learning theory: Concepts, Ideas, and possible limitations,” *Rev. Educ. y Tecnol.*, vol. 1, pp. 111–122, 2012, [Online]. Available: www.earlingspace.org.
- [47] S. Downes, *Connectivism and Connective Knowledge: essays on meaning and learning networks*. 2012.
- [48] S. Downes and D. E. L. Fonseca, “Una introducción al conocimiento conectivo,” 2012.
- [49] G. Siemens, “Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age,” 2005. .
- [50] L. G. Campos, “Conectivismo como teoría de aprendizaje: conceptos, ideas, y posibles limitaciones Connectivism as a learning theory: Concepts, Ideas, and possible limitations,” *Rev. Educ. y Tecnol.*, vol. 1, pp. 111–122, 2012.
- [51] M. Cohen, R. & Swerdlik, *Pruebas y evaluación psicológicas: Introducción a las pruebas y a la medición*, 4th ed. Méxio, 2001.
- [52] J. Muñiz, “Las Teorías De Los Tests: Teoría Clásica Y Teoría De Respuesta a Los Ítems Test Theories: Classical Theory and Item Response Theory,” *Papeles del Psicólogo*, vol. 31, no. 1, pp. 57–66, 2010.
- [53] R. T. Pitts and O. Naumenko, “The 2014 Standards for Educational and Psychological Testing: What Teachers Initially Need to Know,” *Work. Pap. Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [54] S. L. H. Cody S. Ding, “Assessing Content Validity and Content Equivalence Using Structural Equation Modeling,” *A Multidiscip. J.*, vol. 9, no. 2, pp. 233–255, 2002, doi: 10.1207/S15328007SEM0902.
- [55] D. M. Rubio, M. Berg-weger, S. S. Tebb, E. S. Lee, and S. Rauch, “Objectifying Content Validity: In Social Work Research,” *Soc. Work Res.*, vol. 27, no. 2, pp.

- 94–104, 2003, doi: 10.1093/swr/27.2.94.
- [56] J. C. Nunnally and I. H. Bernstein, *Psychometric Theory*, 3rd ed. Nueva York, 1994.
- [57] E. E. Cureton, *Validity.*, E. F. Lind. Washington, DC: American Council on Education, 1951.
- [58] W. B. Walsh, *Tests and assessment*. New York, 1995.
- [59] A. Anastasi, *Psychological testing*, 6th ed. New York, 1988.
- [60] R. M. Guion, “Content Validity: The Source of My Discontent,” *Appl. Psychol. Meas. 1*, pp. 1–10, 1977.
- [61] J. Daniel and D. Cueto, “El debate dominio general y dominio específico en las teorías del desarrollo del conocimiento,” in *El Desarrollo Infantil del Conocimiento Sobre la Sociedad Perspectivas, Debates e Investigaciones Actuales*, no. January, 2016, pp. 42–62.
- [62] S. G. Sireci, “On Validity Theory and Test Validation,” no. November 2007, 2007, doi: 10.3102/0013189X07311609.
- [63] J. V Mitchell, “Measurement in the Larger Context : Critical Current Issues,” *Prof. Psychol. ans Pract.*, vol. 17, no. 6, pp. 544–550, 1986.
- [64] S. N. Haynes, D. C. S. Richard, and E. S. Kubany, “Content Validity in Psychological Assessment : A Functional Approach to Concepts and Methods Introduction to Content Validity,” vol. 7, no. 3, pp. 238–247, 1995.
- [65] S. G. Sireci, “The construct of content validity,” pp. 83–117, 1998.
- [66] R. H. Sampieri, *Metodología de la investigación*, 6th ed. México D.F, 2014.
- [67] C. Abad, Francisco J. · Olea, Julio · Ponsoda, Vicente · García, *Medición en ciencias sociales y de la salud*. Madrid, 2011.
- [68] C. H. LAWSHE, “a Quantitative Approach To Content Validity,” *Pers. Psychol.*, vol. 28, no. 4, pp. 563–575, 1975, doi: 10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x.
- [69] I. Pedrosa, J. Suárez Álvarez, and E. García Cueto, “Evidencias sobre la Validez de Contenido: Avances Teóricos y Métodos para su Estimación,” *Acción*

psicológica, vol. 10, no. 2, pp. 4–11, 2013.

- [70] J. Escobar-Pérez and Á. Cuervo-Martínez, “Validez de Contenido y Juicio de Expertos: una aproximación a su utilización,” *Av. en Medición*, pp. 27–36, 2008, doi: 10.1016/0032-3861(78)90049-6.
- [71] R. Skjong and B. H. Wentworth, “Expert judgment and risk perception,” *Proc. Int. Offshore Polar Eng. Conf.*, vol. 4, pp. 537–544, 2001.
- [72] Lobo E. *et al.*, “Primera validación en español del método INTERMED: Un sistema de temprana detección de problemas biopsicosociales y de consumo de servicios en pacientes médico-quirúrgicos,” *Cuad. Med. psicosomática y Psiquiatr. enlac*, vol. 67, pp. 89–98, 2003.
- [73] Mary R. Lynn, “Determination and Quantification of Content Validity,” *Journal of Experimental Psychology: General*, vol. 136, no. 1, pp. 382–386, 1986, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.092098.
- [74] Mary R. Lynn, “Determination and Quantification of Content Validity,” *Journal of Experimental Psychology: General*, vol. 136, no. 1, pp. 382–386, 1986, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.092098.
- [75] L. L. Davis, “Instrument review: Getting the most from a panel of experts,” *Appl. Nurs. Res.*, vol. 5, no. 4, pp. 194–197, 1992, doi: 10.1016/S0897-1897(05)80008-4.
- [76] M. Soto and L. Segovia, “Intervalos de confianza asimétricos para el índice de validez de contenido: Un programa Visual Basic para la V de Aiken,” *An. Psicol.*, vol. 25, no. 1985, pp. 169–171, 2009.
- [77] L. M. E. M., “Cuantificación de la Validez de Contenido por Criterio de Jueces,” *Rev. Psicol.*, vol. 6, no. 1–2, pp. 103–111, 1988.
- [78] L. R. Aiken, “Three Coefficients For Analyzing The Reliability and Validity of Ratings,” *Educ. Psychol. Meas.*, vol. 45, 1985.
- [79] R. D. Penfield, P. R. Giacobbi, and R. D. Penfield, “Applying a Score Confidence Interval to Aiken’s Item Content-Relevance Index Applying a Score Confidence Interval to Aiken’s Item Content-Relevance Index,” *Meas. Phys. Educ. Exerc. Sci.*, vol. 8, no. 4, pp. 213–225, 2009, doi: 10.1207/s15327841mpee0804.

- [80] M. Berg-weger, "Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research," *Soc. Work Res.*, vol. 27, no. 2, pp. 94–103, 2003, doi: 10.1093/swr/27.2.94.
- [81] D. Quarfoot and R. A. Levine, "How Robust Are Multirater Interrater Reliability Indices to Changes in Frequency Distribution?," *Am. Stat.*, vol. 70, no. 4, pp. 373–384, 2016, doi: 10.1080/00031305.2016.1141708.
- [82] K. L. Wong, S. F. Ong, and T. Y. Kuek, "Constructing a survey questionnaire to collect data on service quality of business academics," *Eur. J. Soc. Sci.*, vol. 29, no. 2, pp. 209–221, 2012.
- [83] D. R. Cooper and P. S. Schindler, *Business Research Methods*, 12th ed. 2014.
- [84] M. Ato and A. Benavente, "Análisis comparativo de tres enfoques para evaluar el acuerdo entre observadores," *Psicothema*, vol. 18, no. 3, pp. 638–645, 2006.
- [85] R. L. Brennan and D. J. Prediger, "Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives," *Educ. Psychol. Meas.*, vol. 41, no. 3, pp. 687–689, 1981, doi: 10.1177/001316448104100307.
- [86] B. E. M. Bennett, R. Alpert, and A. C. Goldstein, "Communications Through Limited -Response Questioning," *Public Opin. Q.*, vol. 18, no. 3, pp. 303–307, 1953, doi: <https://doi.org/10.1086/266520>.
- [87] E. Blood and K. F. Spratt, "Disagreement on Agreement: Two Alternative Agreement Coefficients," in *SAS Global Forum Statistics and Data Analysis*, 2007, pp. 1–12.
- [88] Ieee, "IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology," *Office*, vol. 121990, no. 1, p. 1, 1990, doi: 10.1109/IEEESTD.1990.101064.
- [89] M. W. Alford, "A Requirements Engineering Methodology for Real-Time Processing Requirements," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. SE-3, no. 1, pp. 60–69, 1977, doi: 10.1109/TSE.1977.233838.
- [90] M. Escalona and N. Koch, "Requirements engineering for web applications: a comparative study," *J. Web Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 193–212, 2003.
- [91] M. Jackson, *Software requirements & specifications*. New York, 1995.

- [92] M. Cristi, “Introducción a la Ingeniería de Requerimientos.” Bogotá, p. 53, 2014.
- [93] S. Engineering and S. Committee, *IEEE recommended practice for software requirements specifications*, vol. 1998, no. October. 2011.
- [94] B. W. Boehm and P. N. Papaccio, “Understanding and Controlling Software Costs,” *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 14, no. 10, pp. 1462–1477, 1988, doi: 10.1109/32.6191.
- [95] A. D. Alharthi, M. Spichkova, and M. Hamilton, “Sustainability requirements for eLearning systems: a systematic literature review and analysis,” *Requir. Eng.*, pp. 1–21, 2018, doi: 10.1007/s00766-018-0299-9.
- [96] S. Chawla, S. Srivastava, and P. Bedi, “Improving the quality of web applications with web specific goal driven requirements engineering,” *Int. J. Syst. Assur. Eng. Manag.*, vol. 8, no. s1, pp. 65–77, 2017, doi: 10.1007/s13198-015-0385-z.
- [97] R. Olasoji, D. Preston, and A. Mousavi, “Requirement engineering for effective mobile learning: Modelling mobile device technologies integration for alignment with strategic policies in learning establishments,” *2014 Fed. Conf. Comput. Sci. Inf. Syst. FedCSIS 2014*, vol. 2014-Janua, pp. 851–860, 2014, doi: 10.15439/2014F98.
- [98] J. L. Álvarez-Sala Walther, M. A. Nieto Barbero, and G. Rodríguez Trigo, “La formación clínica como piedra angular de los estudios de medicina,” *Educ. Médica*, vol. 13, no. Supl 1, pp. 25–31, 2010, doi: 10.4321/s1575-18132010000500006.
- [99] L. C. Galicia Ayala, S. Rodríguez Jiménez, and M. Cárdenas Jiménez, “El proceso de integración del alumno al entorno clínico para el aprendizaje reflexivo,” *Enfermería Univ.*, vol. 7, no. 4, pp. 53–61, 2018, doi: 10.22201/eneo.23958421e.2010.4.290.
- [100] M. Toro-Troconis, C. Morton, T. Bennie, C. Leppington, A. Hemani, and M. Lupton, “Design, development and implementation of a mobile learning strategy for undergraduate medical education,” *J. EAHIL*, vol. 11, no. 2, pp. 14–20, 2015.
- [101] M. A. Chaudry and Fazal-ur-Rahman, “A Critical Review of Instructional Design Process,” *Turkish Online J. Distance Educ.*, no. July, pp. 193–205, 2010.

- [102] M. D. Merrill, *First Principles Of Instruction*, John Wiley. 2012.
- [103] C. H. C. Ortega, “Prototype of learning management system , for the administration of contents and processes , in the teaching of geography with engineering students,” *Innov. Creat. Educ. Technol. Int. Conf.*, no. January, 2017.
- [104] G. Siemens, “Connectivism : A Learning Theory for the Digital Age,” *Int. J. Instr. Technol. Distance Learn.*, pp. 1–9, 2005.
- [105] M. Ş. Necmettin, “Pros And Cons Of Connectivism As A Learning Theory,” *Int. J. Phys. Soc. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 437–454, 2012.
- [106] “PLM SISTEMA RESPIRATORIO.” <http://www.plmlatina.com/movil/Apps/SistemaRespiratorio/> (accessed Apr. 03, 2019).
- [107] J. R. Kevin Pei, “Lecturio Medical Education | Prepare for Classes & Boards.” https://www.lecturio.com/?pc=gad&gclid=EAIaIQobChMI6fnz_eG04QIVTCaGCh06PAGhEAAYASAAEgLfGfD_BwE (accessed Apr. 03, 2019).
- [108] “Descubre cómo es el interior de tu pulmón con esta app.” <https://www.tucuentasmucho.com/cuidarse/descubre-pulmon-app> (accessed Apr. 03, 2019).
- [109] Z. B. Babovic, S. Member, and J. Protic, “Web Performance Evaluation for Internet of Things Applications,” *IEEE Access*, vol. 4, pp. 6974–6992, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2615181.
- [110] E. Nikulchev and D. Ilin, “Programming Technologies for the Development of Web-Based Platform for Digital Psychological Tools,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 9, no. 8, pp. 34–45, 2018.
- [111] S. Messick, “Standards of Validity and the Validity of Standards in Performance Assessment,” *Educ. Meas. Issues Pract.*, vol. 14, no. 4, pp. 5–8, 1995, doi: 10.1111/j.1745-3992.1995.tb00881.x.
- [112] K. Fitch, S. J. Bernstein, J. McDonnell, and J. P. Kahan, *The RAND / UCLA Appropriateness Method User ’ s Manual*. Santa Mónica, 2001.
- [113] O. A. Bolarinwa, “Principles and Methods of Validity and Reliability Testing of

- Questionnaires Used in Social and Health Science Researches,” *Niger. Postgrad. Med. J.*, pp. 195–201, 2015, doi: 10.4103/1117-1936.173959.
- [114] A. V. Infer, C. N. Molina, and R. Aleixandre-Benavent, “Usabilidad: concepto y aplicaciones en las páginas web médicas,” no. June 2014, 2007.
- [115] R. Krug, *Don't Make Me Think! a common sense approach to web usability*, 2nd ed. Berkeley, 2006.
- [116] M. A. A. Figuero, “Calidad en la Industria del Software . La Norma ISO-9126,” 2012. .
- [117] L. Enriquez, J. Gabriel, D. Casas, and S. Isabel, “Usabilidad en aplicaciones móviles,” pp. 25–47, 2013.
- [118] L. R. L, E. G. P, and Y. C. S, “Validation strategy to mobile health applications,” vol. 2, pp. 325–333, 2016.
- [119] L. C. Cheng, L. Chou, and M. Mustafa, “A Reference to Usability Inspection Methods,” *Int. Colloq. Art Des.*, no. April, pp. 45–51, 2014, doi: 10.13140/2.1.2448.0964.
- [120] M. Macleod *et al.*, “The MUSiC performance measurement method The MUSiC performance measurement method,” vol. 3001, no. 1997, 2010, doi: 10.1080/014492997119842.
- [121] I. Standard, “Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs.) - Part 11: Guidance on usability.,” vol. 1998, 1998.
- [122] A. Seffah, N. Kececi, and M. Donyaee, “QUIM: A framework for quantifying usability metrics in software quality models,” in *Proceedings - 2nd Asia-Pacific Conference on Quality Software, APAQS 2001*, 2001, pp. 311–318, doi: 10.1109/APAQS.2001.990036.
- [123] M. Macleod, “Usability : Practical Methods for Testing and Improvement.,” in *Proceedings of the Norwegian Computer Society Software Conference*, 1994, pp. 1–4, doi: 10.1080/10447310903025552.
- [124] Dongsong Zhang and Boonlit Adipat, “Challenges, Methodologies, and Issues in the Usability Testing of Mobile Applications,” *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol.

- 18, no. 3, pp. 269–292, 2005, doi: 10.1207/s15327590ijhc1803.
- [125] V. Bruno, A. Tam, and J. Thom, “Characteristics of web applications that affect usability: a review,” in *Proceedings of OZCHI 2005*, 2005, vol. 122, pp. 1–4.
- [126] S. I. Swaid and T. Z. Suid, “Usability Heuristics for M-Commerce Apps,” *Springer Nat.*, pp. 79–88, 2019, doi: 10.1007/978-3-319-94947-5.
- [127] A. Bandi and P. Heeler, “Usability testing: A software engineering perspective,” *2013 Int. Conf. Hum. Comput. Interact. ICHCI 2013*, 2013, doi: 10.1109/ICHCI-IEEE.2013.6887809.
- [128] K. Abuhlfaia and E. De Quincey, “The usability of E-learning platforms in higher education: A systematic mapping study,” *Proc. 32nd Int. BCS Hum. Comput. Interact. Conf. HCI 2018*, no. July, 2018, doi: 10.14236/ewic/HCI2018.7.
- [129] R. Zha, “Improving the Usability of Mobile Application User Review Collection,” Tampere University, 2019.
- [130] A. A. Arain, Z. Hussain, and W. H. Rizvi, “Evaluating Usability of M-Learning Application in the Context of Higher Education Institute,” *Springer Int. Publ. Switz.*, vol. 28, no. 6, pp. 259–268, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-39483-1.
- [131] J. Sauro, “MeasuringU: What Is A Good Task-Completion Rate?,” 2011. <https://measuringu.com/task-completion/> (accessed May 08, 2020).
- [132] S. A. Wicaksono, D. R. Firdausy, and M. C. Saputra, “Usability Testing on Android Application of Infrastructure and Facility Reporting Management Information System,” *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 2, p. 184, 2018, doi: 10.25126/jitecs.20183267.
- [133] B. Shneiderman, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, 4th ed. 2004.
- [134] J. Tan, “foux-a Framework for Usability & User Experience,” Blenkinge institute of technology, 2009.
- [135] L. C. Campbell J, Dussault G, Buchan J, Pozo-Martin F, Guerra Arias M, “A universal truth: No health without a worforce,” Brazil, 2013.
- [136] B. M. Kuehn and M. W. A. Fam, “Global shortage of health workers, brain drain

stress developing countries,” *JAMA*, vol. 298, no. 16, p. 1853, 2007.

- [137] J. Frenk *et al.*, “Health professionals for a new century : transforming education to strengthen health systems in an,” *Lancet*, vol. 376, no. 9756, pp. 1923–1958, 2010, doi: 10.1016/S0140-6736(10)61854-5.
- [138] “WHO | About the Alliance.” <https://www.who.int/workforcealliance/about/en/> (accessed Nov. 03, 2020).
- [139] N. Crisp, B. Gawanas, and I. Sharp, “Training the health workforce: scaling up, saving lives,” *Lancet*, vol. 371, no. 9613, pp. 689–691, 2008, doi: 10.1016/S0140-6736(08)60309-8.
- [140] A. Sangrà, D. Vlachopoulos, and N. Cabrera, “Building an Inclusive Definition of E-Learning : An Approach to the Conceptual Framework,” *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 13, no. 2, 2012.
- [141] T. C. L *et al.*, “Mobile learning for delivering health professional education (Protocol),” no. 6, pp. 2–5, 2018, doi: 10.1002/14651858.CD011861.pub2.www.cochranelibrary.com.
- [142] R. Martin, T. McGill, and F. Sudweeks, “Learning Anywhere , Anytime : Student Motivators for M-learning,” *J. Inf. Technol. Educ. Res.*, vol. 12, 2013, doi: 10.28945/1771.
- [143] S. Wallace, M. Clark, and J. White, ““ It ’ s on my iPhone ’ : attitudes to the use of mobile computing devices in medical education , a mixed-methods study,” *BMJ Open*, 2012, doi: 10.1136/bmjopen-2012-001099.
- [144] R. N. Patil, B. D. Almale, M. Patil, and A. Gujrathi, “Attitudes and Perceptions of Medical Undergraduates Towards Mobile Learning (M-learning),” *J. Clin. Diagnostic Res.*, vol. 10, no. 10, 2016, doi: 10.7860/JCDR/2016/20214.8682.
- [145] B. L. Green *et al.*, “A semi-quantitative and thematic analysis of medical student attitudes towards M-Learning,” *J. Eval. Clin. Pract.*, vol. 21, pp. 925–930, 2015, doi: 10.1111/jep.12400.
- [146] T. J. G. Chase *et al.*, “Mobile learning in medicine: An evaluation of attitudes and behaviours of medical students,” *BMC Med. Educ.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1186/s12909-018-1264-5.

- [147] C. H. Mayfield, P. T. Ohara, and P. S. O. Sullivan, "Perceptions of a Mobile Technology on Learning Strategies in the Anatomy Laboratory," *Anat. Sci. Educ.*, vol. 000, pp. 1–9, 2012, doi: 10.1002/ase.1307.
- [148] D. C. Baumgart, I. Wende, and U. Grittner, "Tablet computer enhanced training improves internal medicine exam performance," *PLoS One*, pp. 1–14, 2017.
- [149] G. Dunleavy, C. K. Nikolaou, S. Nifakos, R. Atun, G. C. Y. Law, and L. T. Car, "Mobile digital education for health professions: Systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 21, no. 2. Journal of Medical Internet Research, Feb. 01, 2019, doi: 10.2196/12937.
- [150] A. Akhtar and M. Iqbal, "Impact of e-learning integration along with traditional method of learning on students scholastic attainments in biology at secondary level," *WALIA J.*, vol. 33, no. 1, pp. 36–39, 2017.
- [151] N. Elfaki, I. Ahmad, and R. Abdelrahim, "Impact of e-learning vs traditional learning on students' performance and attitude," no. December, 2019.
- [152] M. Zare, R. Sarikhani, M. Salari, and V. Mansouri, "The impact of E-learning on university students' academic achievement and creativity," *J. Tech. Educ. Train.*, vol. 8, no. 1, pp. 25–33, 2016.
- [153] M. Área and J. Adell, "E-Learning: Enseñar y Aprender en Espacios Virtuales.," *La Tecnol. Educ. en el siglo XXI.*, no. May, 2009.
- [154] Y. A. L. A. Jawad and B. Shalash, "The impact of e-learning strategy on students' academic achievement case study: Al-quds open university," *Int. J. High. Educ.*, vol. 9, no. 6, pp. 44–53, 2020, doi: 10.5430/ijhe.v9n6p44.
- [155] T. Schopf and V. Flytkjær, "Impact of interactive web-based education with mobile and email-based support of general practitioners on treatment and referral patterns of patients with atopic dermatitis: Randomized controlled trial," *J. Med. Internet Res.*, vol. 14, no. 6, pp. 1–11, 2012, doi: 10.2196/jmir.2359.
- [156] Y. Magdalena and T. A. Napitupulu, "Critical Factors in E-Learning Influencing Student Motivation and Collaboration in Indonesian Higher Education Institution," *The Winners*, vol. 19, no. 1, p. 9, 2018, doi: 10.21512/tw.v19i1.4244.

Anexos

Anexo 1. Tablas validación de contenido de la app Anatomía y Fisiología

Tabla 19. Resultados validación módulo Ventilación aplicación Anatomía y Fisiología.

Submódulo	Dimensión	Constructo	Validez			Acuerdo inter juez	
			IVC	V Aiken	VV	AC Gwet	Brednan - Prediger
Anatomía	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.77 [0.63 – 0.91]	0.65 [0.49 – 0.81]
		Suficiencia	0.20 (0.65)	0.70 [0.48 – 0.85]	0		
		Veracidad	0.73 (0.30)	0.82 [0.61 – 0.93]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Ecuación del movimiento	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.87 [0.80 – 0.95]	0.75 [0.62 – 0.89]
		Suficiencia	0.80 (0.29)	0.88 [0.67 – 0.96]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	0.96 [0.78 – 0.99]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		

Señales ventilatorias	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.90 [0.80 – 0.99]	0.77 [0.58 – 0.96]
		Suficiencia	0.76 (0.30)	0.87 [0.66 – 0.96]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	0.96 [0.78 – 0.99]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		

Tabla 20 Resultados validación módulo Respiración aplicación Anatomía y Fisiología.

Submódulo	Dimensión	Constructo	Validez			Acuerdo inter juez	
			IVC	V Aiken	VV	AC Gwet	Brednan - Prediger
Unidad alveolar	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 -1.00]	0.99 [0.96 –1.00]
		Suficiencia	0.96 (0.12)	0.99 [0.84 –1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 –1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Monitoreo	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.94 [0.87 – 1.00]	0.83 [0.68 – 0.99]
		Suficiencia	0.91 (0.17)	0.94 [0.75 – 0.99]	1		
		Veracidad	0.94 (0.00)	0.97 [0.78 – 0.99]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Ley de Dalton	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.48 [0.38 – 0.85]	0.21 [0.03 – 0.45]
		Suficiencia	0.64 (0.27)	0.83 [0.61 – 0.93]	0		
		Veracidad	0.60 (0.29)	0.75 [0.53 – 0.89]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		

		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Señales respiratorias	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	0.90 [0.70 – 0.97]	1	0.89 [0.74 – 1.00]	0.76 [0.53 – 0.99]
		Suficiencia	0.64 (0.29)	0.85 [0.64 – 0.95]	0		
		Veracidad	1.00 (0.00)	0.98 [0.78 – 0.99]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		

Tabla 21. Resultados validación módulo Fisiopatología aplicación Anatomía y Fisiología.

Submódulo	Dimensión	Constructo	Validez			Acuerdo inter juez	
			IVC	V Aiken	VV	AC Gwet	Brednan - Prediger
Monitoreo	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.78 [0.61 – 0.94]	0.48 [0.17 – 0.80]
		Suficiencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 – 0.95]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Señales ventilatorias	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.72 [0.59 – 0.86]	0.39 [0.18 – 0.62]
		Suficiencia	0.64 (0.38)	0.83 [0.61 – 0.93]	0		
		Veracidad	0.64 (0.27)	0.86 [0.64 – 0.95]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Señales respiratorias	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.57 [0.43 – 0.72]	0.09 [0.00 – 0.24]
		Suficiencia	0.60 (0.27)	0.85 [0.64 – 0.95]	0		
		Veracidad	0.60 (0.27)	0.82 [0.61 – 0.93]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		

		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
--	--	-----------	----------------	----------------------	---	--	--

Anexo 2. Tablas validación de contenido de la app Pruebas diagnósticas

Tabla 22. Resultados validación módulo Espirometría aplicación Pruebas Diagnósticas.

Submódulo	Dimensión	Constructo	Validez			Acuerdo inter juez	
			IVC	V Aiken	VV	AC Gwet	Brednan - Prediger
Modelo NHANNES	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.95 [0.89 – 1.00]	0.92 [0.87 – 1.00]
		Suficiencia	0.91 (0.17)	0.94 [0.75 – 0.99]	1		
		Veracidad	0.91 (0.17)	0.94 [0.75 – 0.99]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Patrones ventilatorios	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.87 [0.80 – 0.95]	0.75 [0.62 – 0.89]
		Suficiencia	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 – 0.95]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Gráficos y variables espirométricas	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.87 [0.80 – 0.95]	0.75 [0.62 – 0.89]
		Suficiencia	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 – 0.95]	1		
		Veracidad	0.91 (0.17)	0.94 [0.75 – 0.99]	1		

	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		

Tabla 23. Resultados validación módulo Gases Arteriales aplicación Pruebas Diagnósticas.

Submódulo	Dimensión	Constructo	Validez			Acuerdo inter juez	
			IVC	V Aiken	VV	AC Gwet	Brednan - Prediger
Valores de referencia	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Suficiencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	0.91 (0.17)	0.94 [0.75 – 0.99]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 - 1.00]	1		
Obstrutivo	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.78 [0.61 – 0.94]	0.48 [0.17 – 0.80]
		Suficiencia	0.64 (0.38)	0.83 [0.61 – 0.93]	0		
		Veracidad	0.91 (0.17)	0.94 [0.75 – 0.99]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 - 1.00]	1		
Restrictivo	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.87 [0.80 – 0.95]	0.75 [0.62 – 0.89]
		Suficiencia	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 – 0.95]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		

		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
Mixto	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.72 [0.59 - 0.86]	0.58 [0.18 - 0.62]
		Suficiencia	0.64 (0.38)	0.83 [0.61 - 0.93]	0		
		Veracidad	0.64 (0.38)	0.83 [0.61 - 0.93]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.99 [0.99 - 1.00]	0.99 [0.99 - 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
Falla respiratoria tipo 1	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.84 [0.61 -0.97]	0.63 [0.25 -0.79]
		Suficiencia	0.91 (0.17)	0.94 [0.75 - 0.99]	1		
		Veracidad	0.64 (0.38)	0.83 [0.61 - 0.93]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.99 [0.99 - 1.00]	0.99 [0.99 - 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
Falla respiratoria tipo 2	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.85 [0.66 - 0.97]	0.52 [0.30 - 0.78]
		Suficiencia	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 -0.95]	1		
		Veracidad	0.64 (0.38)	0.83 [0.61 - 0.93]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.99 [0.99 - 1.00]	0.99 [0.99 - 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		

Tabla 24. Resultados validación módulo RX y sonidos aplicación Pruebas Diagnósticas.

Submódulo	Dimensión	Constructo	Validez			Acuerdo inter juez	
			IVC	V Aiken	V V	AC Gwet	Brednan - Prediger
Sano	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1	0.87 [0.80 – 0.95]	0.75 [0.62 – 0.89]
		Suficiencia	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 –0.95]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
Obstrutivo	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1	0.67 [0.59 – 0.86]	0.52 [0.18 – 0.62]
		Suficiencia	0.60 (0.27)	0.82 [0.61 –0.93]	0		
		Veracidad	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 –0.95]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
Restrictivo	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1		
		Suficiencia	0.60 (0.27)	0.82 [0.61 –0.93]	0		
		Veracidad	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 –0.95]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 –1.00]	1		

		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
Mixto	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.67 [0.59 - 0.86]	0.52 [0.18 - 0.62]
		Suficiencia	0.60 (0.27)	0.82 [0.61 -0.95]	0		
		Veracidad	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 -0.95]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.99 [0.99 - 1.00]	0.99 [0.99 - 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		

Tabla 25. Resultados validación módulo Casos Clínicos aplicación Pruebas Diagnósticas.

Submódulo	Dimensión	Constructo	Validez			Acuerdo inter juez	
			IVC	V Aiken	VV	AC Gwet	Brednan - Prediger
Caso clínico 1	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.67 [0.59 – 0.86]	0.52 [0.18 – 0.62]
		Suficiencia	0.60 (0.29)	0.75 [0.53 – 0.89]	0		
		Veracidad	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 – 0.95]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Caso clínico 2	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.67 [0.59 – 0.86]	0.52 [0.18 – 0.62]
		Suficiencia	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 – 0.95]	1		
		Veracidad	0.64 (0.38)	0.83 [0.61 – 0.93]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		
Caso clínico 3	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.67 [0.59 – 0.86]	0.52 [0.18 – 0.62]
		Suficiencia	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 – 0.95]	1		
		Veracidad	0.76 (0.30)	0.86 [0.64 – 0.95]	1		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1	0.99 [0.99 – 1.00]	0.99 [0.99 – 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 – 1.00]	1		

		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
Caso clínico 4	Calidad Teórica	Pertinencia	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.72 [0.59 - 0.86]	0.39 [0.18 - 0.62]
		Suficiencia	0.60 (0.29)	0.75 [0.53 - 0.89]	0		
		Veracidad	0.64 (0.38)	0.83 [0.61 - 0.93]	0		
	Calidad Gráfica	Disposición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1	0.99 [0.99 - 1.00]	0.99 [0.99 - 1.00]
		Definición	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		
		Veracidad	1.00 (0.00)	1.00 [0.84 -1.00]	1		

Anexo 3. Tareas y contextos de uso definidas para la prueba de usabilidad

Tabla 26. Tareas y contexto de uso aplicación Anatomía y Fisiología.

Tarea	Contexto de uso	Protocolo	Pregunta
1	<i>Búsqueda de información</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. De inicio al cronómetro 2. Ingrese a la sección de entrenamiento del módulo anatomía y fisiología. 3. Diríjase a la temática de fisiopatología. 4. Abra la información de señales ventilatorias. 5. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinicielo antes de empezar la siguiente tarea. 	¿Cuántas gráficas se describen?
2	<i>Identificación de estructuras</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. De inicio al cronómetro 2. Diríjase a la temática de Ventilación en la sección de 3. Entrenamiento del Módulo Anatomía & Fisiología, 4. Abra la ilustración de Músculos Ventilatorios de la sección de Anatomía 5. Explore cada uno de los músculos. 6. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinicielo. 	¿Cuántos músculos respiratorios identifico?
3	<i>Simulación</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. De inicio al cronómetro 2. Diríjase a la sección de Respiración de la sección de entrenamiento del módulo de Anatomía y Fisiología. 3. Ubíquese en la sección de controles y configure una altura de aproximada de 2500 msn y una frecuencia respiratoria de 16 4. Diríjase a la sección de monitoreo y lea el valor de presión inspirada de oxígeno. 5. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinicielo. 	¿El valor de presión inspirada de O ₂ , aumentó o disminuyó?
4	<i>Funcionalidad</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. De inicio al cronómetro 2. Diríjase a la temática de Ventilación en la sección de Entrenamiento del módulo de Anatomía & Fisiología, 3. Haga zoom sobre la Señal Ventilatoria correspondiente a la Presión Pleural. 4. Regrese la Señal Ventilatoria a la vista inicial. 5. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinicielo antes de empezar la siguiente tarea. 	¿De qué forma se regresa la gráfica a la vista inicial?

Tabla 27. Tareas y contexto de uso aplicación Pruebas Diagnósticas.

Tarea	Contexto de uso	Protocolo	Pregunta
1	<i>Espirometría</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. De inicio al cronómetro. 2. . Ingrese a la sección de Entrenamiento del módulo de Pruebas Diagnósticas 3. Ubíquese en la temática de Espirometría 4. Configure los Gráficos y Variables Espirométricas para una mujer de 86 años y de 154 cm de altura con un Patrón Ventilatorio Restrictivo 5. Utilice el cursor para leer el volumen aproximado para la paciente 6. a un tiempo de 2 segundos en el Gráfico Espirométrico de 7. Volumen Vs Tiempo. 8. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinícielo antes de empezar la siguiente tarea. 	¿Cuál es el valor del volumen?
2	<i>Gases arteriales</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. De inicio al cronómetro. 2. Ingrese a la sección de Entrenamiento del módulo de Pruebas Diagnósticas 3. Dirjase a la temática de Gases Arteriales 4. Seleccione la visualización del patrón sano y del patrón mixto. 5. Seleccione la pestaña de descripción para el caso mixto. 6. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinícielo antes de empezar la siguiente tarea 	¿Cuántas patrones ventilatorios hay disponibles?
3	<i>Imágenes y sonidos</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. De inicio al cronómetro. 2. Dirjase a la sección de Entrenamiento del módulo de Pruebas Diagnósticas. 3. Seleccione la temática de Imágenes y Sonidos. Explore la radiografía y sonido para el patrón restrictivo 4. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinícielo 	¿Cuántas radiografías se despliegan por patrón?
4	<i>Análisis de casos clínicos</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. De inicio al cronómetro. 2. Dirjase a la sección de Entrenamiento del Módulo Pruebas Diagnósticas. 3. Ubíquese en la temática de Casos Clínicos. 4. Seleccione el caso clínico numero 4 5. Explore las diferentes etapas y pruebas diagnósticas disponibles. 6. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinícielo. 	¿Qué diagnóstico recibió este paciente?

Anexo 4. Documento de estudio independiente validación de aprendizaje

Docente:

Actividad: Validación de aprendizaje aplicación sobre Anatomía y Fisiología

Material escrito para estudio independiente

Las **vías respiratorias** comienzan en la tráquea y se ramifican de forma dicotómica para ampliar enormemente el área de superficie de los pulmones.

Las primeras 16 divisiones forman la **zona conductora**, la cual transporta gases desde la zona superior, y de regreso a las mismas. Las ramas las componen bronquios, bronquiolos y bronquiolos terminales, con innumerables células especializadas que sirven como conducto del aire al parénquima pulmonar. Esta zona se encarga de humidificar y filtrar parcialmente el aire, proporcionando inmunidad innata a las vías respiratorias, sin embargo, no contiene alvéolos por lo cual no es posible realizar intercambio de gases con la sangre venosa, de manera que se constituye el espacio muerto anatómico [1].

Los alvéolos empiezan a aparecer en las generaciones o ramificaciones decimoséptima a decimonovena, en los bronquiolos respiratorios, que constituyen la **zona de transición**. Las generaciones vigésima y vigesimosegunda están revestidas con alvéolos, estos conductos alveolares y los sacos alveolares, que terminan el árbol traqueobronquial, se denominan la **zona respiratoria** [2]. La porción del pulmón dependiente de un bronquiolo respiratorio primario se llama acino, y todas las vías respiratorias de un acino participan en el intercambio de gases [1].

Las vías respiratorias ejercen resistencia al flujo de aire y se define como el cambio de presión (ΔP) de los alvéolos a la boca, dividida entre el cambio en la velocidad de flujo ($\Delta \dot{V}$). Por lo tanto, conforme disminuye el volumen pulmonar la resistencia aumenta de manera significativa [2].

VÍA RESPIRATORIA - RAMAS		Tubos por rama
ZONA DE CONDUCCIÓN	Tráquea	1
	Bronquios	2
	Bronquiolos	4
	Bronquiolos terminales	8
	Bronquiolos terminales	16
ZONA RESPIRATORIA	Bronquiolos terminales	32
	Bronquiolos respiratorios	6×10^4
	Conductos alveolares	5×10^5
	Sacos alveolares	8×10^6

Figura 1. Organización y subdivisión de las vías respiratorias. Las vías aéreas se subdividen dicotómicamente conforme avanzan hacia la zona respiratoria. Se constituye por bronquiolos respiratorios, conductos alveolares, sacos alveolares y alvéolos [1].

Los principales **músculos inspiratorios** son el diafragma y los músculos intercostales externos e internos. En algunos casos músculos como los abdominales, el recto del abdomen, los inter-cartilagosos paraesternales, el esternocleidomastoideo y el escaleno, actúan como auxiliares para apoyar la ventilación, se conocen también como **músculos accesorios** [3]. En principio, el desplazamiento del *diafragma* genera 75% de los cambios del volumen intratorácico durante la inspiración tranquila. Este músculo, fijado a toda la abertura inferior de la caja torácica, describe una curva sobre el hígado y se mueve hacia abajo a semejanza de un pistón, cuando se contrae. El diafragma y los músculos intercostales externos conservan la ventilación adecuada en el sujeto en condiciones de reposo. Los músculos escalenos y esternocleidomastoideo (ubicados en el cuello) son músculos inspiratorios accesorios que elevan la caja torácica durante la respiración profunda fatigosa [2].

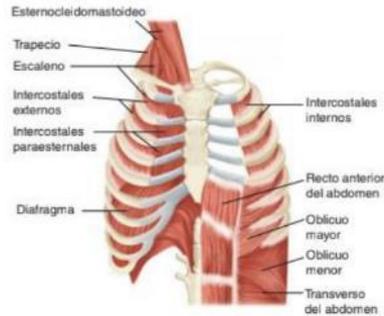


Figura 2. Músculos respiratorios. En el lado izquierdo de la imagen se observan los principales músculos inspiratorios, mientras que en el derecho los músculos espiratorios [1].

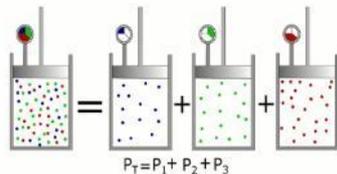


Figura 3. Ley de Dalton. P_1 , P_2 y P_3 — presión generada por el gas uno, dos, y tres, respectivamente. La suma de todas las presiones parciales es igual a la presión total, P_T .

La **presión** de aire que ingresa a los pulmones actúa sobre las superficies de las vías respiratorias y de los alvéolos, y es proporcional a la suma de las fuerzas de los impactos de todas las moléculas de aire que chocan contra la superficie en cualquier momento dado. El aire, tiene una composición aproximada del 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y el porcentaje restantes son pequeñas cantidades de otros gases. Por lo tanto, su velocidad de difusión es directamente proporcional a la presión que genera cada gas solo, que se denomina **presión parcial** [3]. Por ejemplo, la presión total de la mezcla de aire al nivel del mar es en promedio de 760 mmHg, de los cuales el 78%

es producido por el nitrógeno (593 mmHg) y el 21% por el oxígeno (160 mmHg). Así, la «presión parcial» del nitrógeno en la mezcla es de 593 mmHg y la «presión parcial» del oxígeno es de 160 mmHg; la presión total es de 760 mmHg, la suma de las presiones parciales individuales. Las presiones parciales de los gases individuales en una mezcla se señalan por los símbolos PO_2 , PCO_2 , PN_2 , PH_2O , PHe , etc [1]–[3].

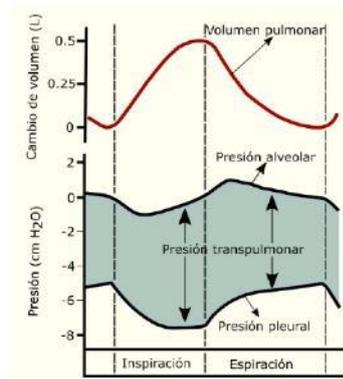


Figura 4. Presiones pulmonares. La presión pleural y alveolar disminuyen debido a una contracción de los músculos respiratorios, generando un gradiente de presión negativo que impulsa aire desde el exterior hacia el interior del aparato respiratorio.

En este sentido, existen un grupo de presiones de vital importancia en el funcionamiento fisiológico, la primera de éstas es la **presión pleural**, que hace referencia a la presión del líquido que está en el delgado espacio que hay entre la pleura pulmonar y la pleura de la pared torácica, dicha presión es ligeramente negativa (-3 a -5 cm H₂O). Durante la inspiración normal, la expansión de la caja torácica tira hacia fuera de los pulmones con más fuerza y genera una presión más negativa, caso contrario de lo que ocurre durante la espiración, en la cual se produce esencialmente una inversión de estos fenómenos debido al retroceso elástico de los pulmones (ver Figura 4)[2].

Para que se produzca un movimiento de entrada de aire hacia los alvéolos durante la inspiración, la presión en los alvéolos, denominada **presión alveolar**, debe disminuir hasta un valor ligeramente inferior a la presión atmosférica (debajo de cero cm H₂O). Esta

ligera presión negativa (-1 cm H₂O) es suficiente para arrastrar 0,5 litros de aire hacia los pulmones en el tiempo necesario para una inspiración tranquila. Durante la espiración se producen presiones contrarias: la presión alveolar aumenta hasta aproximadamente 1 cm H₂O para lograr la salida del dióxido de carbono [3].

La diferencia entre la presión alveolar y la presión pleural se le denomina **presión transpulmonar**, que es la diferencia entre la presión que hay en el interior de los alvéolos y la que hay en las superficies externas de los pulmones. Esta es una medida de las fuerzas elásticas de los pulmones (**presión de retroceso**), la cual tiende a colapsar la superficie pulmonar en todos los momentos de la respiración [1].

Dado este comportamiento y las características del sistema, los alvéolos experimentarán el fenómeno de **tensión superficial**, el cual es generado por las fuerzas cohesivas presentes entre las moléculas, lo que hace que el agua adopte una forma esférica, disminuyendo el volumen hasta formar el área de superficie más pequeña posible (ver Figura 5). La relación entre la presión dentro del alvéolo y la tensión de pared del alvéolo estaría dada entonces por la siguiente ecuación (**Ley de Laplace**):

$$T = \frac{P r}{2}$$

Dónde T es la tensión de pared, P es la presión dentro del alvéolo, y r es el radio del alvéolo [1].

Por lo tanto, si dos alvéolos de diferentes tamaños están conectados mediante una vía respiratoria común, y la tensión superficial de los dos es igual, de acuerdo con la ley de Laplace, la presión en el alvéolo pequeño es mayor que la que hay en el más grande (ver Figura 6). En este sentido, si la tensión superficial es independiente del área de superficie, mientras más pequeño se hace el alvéolo, más alta es la presión en él. Hay dos factores que contribuyen a la estabilidad en los alvéolos: (1) Una sustancia llamada **surfactante pulmonar**; (2) La **interdependencia estructural de los alvéolos** [2].

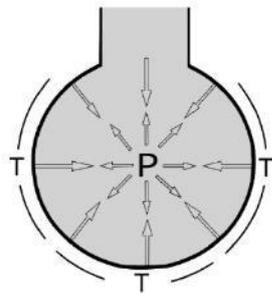


Figura 5. Tensión alveolar. P- Presión alveolar, T- tensión superficial. Se encuentra determinada por el efecto cohesivo de las moléculas de agua, en el que se relaciona la presión del aire entrante al alvéolo.

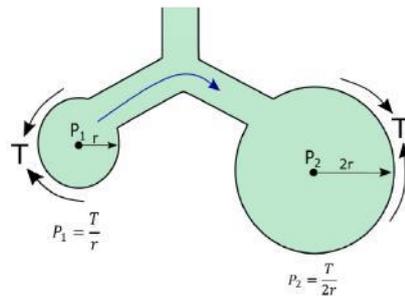


Figura 6. Efecto de colapso debido a la estructura de los alvéolos. p_1 y P_2 – Presión en el alvéolo, r- radio del alvéolo, T- tensión superficial. Se genera a causa de la relación de presión que existe entre dos o más alveolos de diferente tamaño, lo que hace que el alvéolo de menor radio tienda a colapsarse hacia el alvéolo de mayor radio.

El **surfactante pulmonar** es un complejo producido por células epiteliales alveolares tipo II (neumocitos), el cual disminuye el retroceso elástico disminuyendo la tensión superficial de alvéolos de menor tamaño, lo que aumenta la adaptabilidad de los pulmones y disminuye el trabajo inspiratorio de la respiración (de modo que la presión al final de la espiración de todos los alvéolos es de 0 cm H₂O, y la situación descrita en la Figura 6 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** no ocurre). La hipoxia alveolar y la hipoxemia, pueden llevar a una disminución de la producción o a un incremento de la destrucción del surfactante pulmonar. Así mismo, para entender la **interdependencia alveolar**, hay que tener claro que los alvéolos no son esferas, son polígonos interdependientes desde el punto de vista mecánico con paredes planas, compartidas por alvéolos adyacentes. Si un alvéolo empezara a colapsarse, aumentaría las tensiones sobre las paredes de los alvéolos adyacentes, lo que tendería a mantenerlo abierto dada la interdependencia mecánica entre ellos [1]–[3].

El **espacio muerto alveolar**, que hace referencia al volumen de gas que entra a alvéolos no perfundidos por cada respiración, suma también a los espacios donde no ocurre intercambio de gases, ya que son alvéolos que están ventilados pero que no están perfundidos con sangre capilar pulmonar. Es así como, el espacio muerto anatómico más el espacio muerto alveolar se conocen como el **espacio muerto fisiológico** [3].

Todo este comportamiento está relacionado con una de las propiedades más relevantes del sistema respiratorio, llamada **distensibilidad**, la cual es la capacidad que tiene un tejido para recuperar su posición original después de que dejó de actuar en él una fuerza aplicada. Efecto que se observa posterior a una inspiración durante la respiración tranquila, en donde los pulmones tienden a colapsarse y la pared del tórax tiende a expandirse [1].

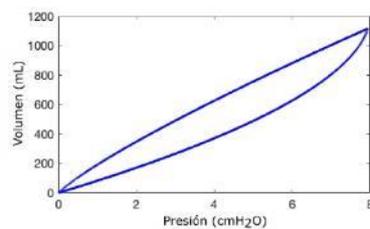


Figura 7. Curva presión en la vía aérea – volumen corriente. Relaciona la cantidad de

aire que ingresa a los pulmones con respecto a la presión generada en la vía aérea.

El **volumen de gas** depende de la mecánica de los pulmones y de la pared torácica, y de la actividad de los músculos inspiratorios y accesorios. El tamaño de los pulmones está directamente relacionado con la estatura y peso (área de superficie corporal), así como con la edad y sexo.

El **volumen de ventilación pulmonar** (volumen corriente, V_T) es el volumen de aire que entra o que sale de la nariz o la boca en cada respiración. Durante la respiración tranquila (eupnea), el V_T de un adulto de 70 kg es de alrededor de 500 ml por cada respiración, pero este volumen puede aumentar considerablemente, por ejemplo, durante el ejercicio [1]–[3].

El **volumen residual** (VR) es el volumen de gas que permanece en los pulmones después de una espiración forzada máxima, está determinado por el retroceso elástico de los pulmones. El **volumen de reserva inspiratorio** (VRI) es el volumen de gas que se inspira los pulmones durante una inspiración forzada máxima que empieza al final de una inspiración tranquila. Finalmente, el **volumen de reserva espiratorio** (VRE) es el volumen de gas que se expulsa de los pulmones durante una espiración forzada máxima que empieza al final de una espiración del volumen de ventilación pulmonar normal [1]–[3].

Esto permite definir las capacidades pulmonares: La **capacidad residual funcional** (FRC), es el volumen de gas que permanece en los pulmones al final de una espiración de volumen de ventilación pulmonar normal. La **capacidad inspiratoria** (IC), es el volumen de aire que es inhalado hacia los pulmones durante un esfuerzo inspiratorio máximo que empieza al final de una espiración de volumen de ventilación pulmonar normal. La **capacidad pulmonar total** (TLC) es el volumen de aire en los pulmones después de un esfuerzo inspiratorio máximo. Está determinada por la fuerza de contracción de los músculos inspiratorios y el retroceso elástico de los pulmones y de la pared torácica. Y la **capacidad vital** (VC) definida como el volumen de aire expulsado de los pulmones durante una espiración forzada máxima que empieza después de una inspiración forzada máxima [1], [2].

BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. E. Barrett and S. Boitano, *GANONG Fisiología médica 25 edición*. 2016.
- [2] Guyton y Hall, "Tratado de fisiología medica 12ª Edicion," p. 1043, 2016.
- [3] R. Hershel and L. Levitzky, *Fisiologia Medica Un Enfoque Por Aparatos Y Sistemas*, vol. 53, no. 9. 2013.

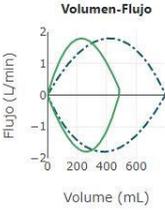
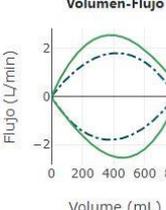
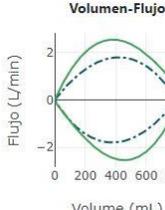
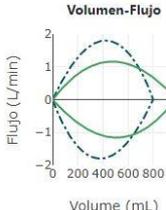
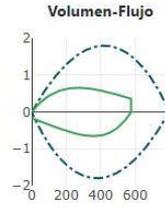
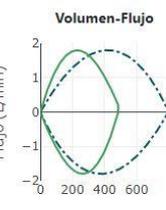
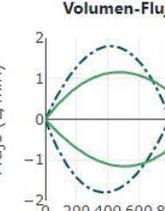
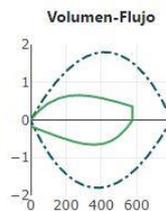
Anexo 5. Banco de preguntas para las pruebas de conocimiento

*La respuesta correcta ha sido resaltado en negrilla

Tabla 28. Primer banco de preguntas pruebas validación de aprendizaje.

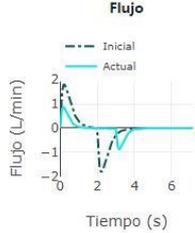
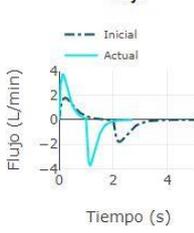
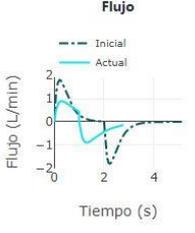
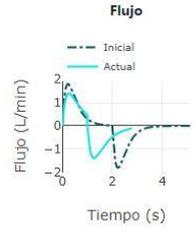
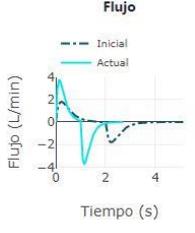
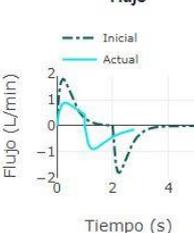
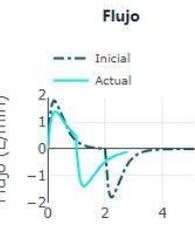
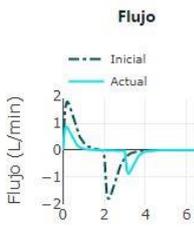
Pregunta: 1		
Temática: Fisiología e impacto de las vías aéreas en la mecánica pulmonar		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
Un paciente con intubación traqueal presenta cambios inflamatorios en la pared bronquial con retención de moco. Estos cambios podrían estar siendo generados principalmente por:	Durante su estancia en la unidad de cuidados intensivos, usted nota que una de las maquinas que suministra oxígeno a un paciente presenta defectos en el calentamiento y humidificación del aire que se encuentra proporcionando, por lo que usted podría esperar que inicialmente el paciente:	Durante una llamada recibida le informan que se encuentran trasladando un paciente crítico que está presentando apnea grave con sonidos sibilantes fuertes, el cual muy probablemente necesite una intubación traqueal. Dado que esta implica el suministro de aire directamente a la vía aérea inferior, usted presumiría que el aire :
Un déficit en la humidificación y calentamiento del oxígeno suministrado.	Presente atelectasia progresiva en respuesta al flujo de oxígeno	Se deberá encontrar filtrado, humidificado y calentado, para evitar un daño en las células ciliadas que genere un aumento de la producción y acumulación de moco
Hiperreactividad del sistema debido al ingreso de agentes alérgicos, que puede conducir a un proceso inflamatorio	Presente disminución de la PAO ₂ a razón de la FIO ₂ suministrada	Se deberá encontrar exclusivamente filtrado para evitar hiperreactividad de la vía aérea inferior
El desarrollo de atelectasia, relacionado con el oxígeno suministrado al paciente.	Desarrolle una respuesta inflamatoria con afección en las células ciliadas bronquiales	Se deberá encontrar filtrado, humidificado y calentado, con el fin de mejorar la relación ventilación-perfusión del paciente
Todas las anteriores.	Presente remodelamiento del acino pulmonar	Se deberá encontrar exclusivamente filtrado para evitar daño del parénquima y el desarrollo de atelectasia

Pregunta: 2		
Temática: Trabajo respiratorio y su importancia en el desarrollo de la mecánica ventilatoria		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
Un paciente con enfermedad obstructiva es entubado debido a dificultad respiratoria grave, luego de cuatro horas de ser extubado, el paciente presenta dificultad para respirar. Usted nota que el trabajo respiratorio ha aumentado, lo cual implica que:	Durante su estancia en la UCI ingresa un paciente que presenta disnea, tos con expectoración y sibilancias, al leer la historia clínica usted nota que este ha estado interno debido a enfermedad pulmonar obstructiva crónica, por lo que usted presumiría que el trabajo respiratorio del paciente	Un paciente ingresa a la unidad de cuidados intensivos manifestando frecuencia respiratoria aumentada y superficial, al realizar la auscultación nota roncus en la base del pulmón izquierdo. Dicho esto, usted esperaría que el trabajo respiratorio se encuentre aumentado debido a:
Hay prevalencia de la enfermedad obstructiva	Se encuentra aumentado debido a la acumulación de moco en las vías aéreas inferiores	Afección de las vías aéreas debido a hiperreactividad del sistema
Hay aumento de la actividad diafragmática	Se encuentra aumentado debido a una modificación de la estructura del parénquima pulmonar	Afección de las vías aéreas debido a edema del músculo liso
Hay enfisema con atelectasia progresiva	Se encuentra aumentado debido a infiltración de líquido a los alvéolos	Afección del parénquima pulmonar debido a un desequilibrio de la producción - degradación de elastina
Hay una respuesta alérgica al aire inspirado	Se encuentra aumentado debido a fibrosis pulmonar	Afección del parénquima pulmonar debido a atelectasia progresiva

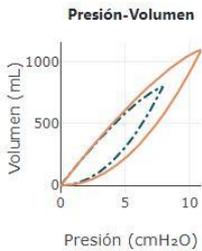
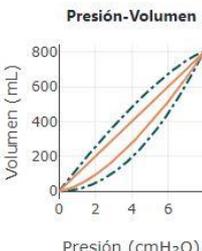
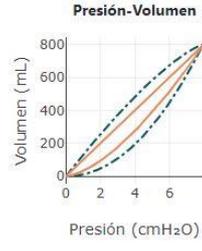
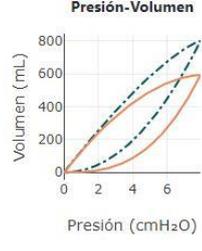
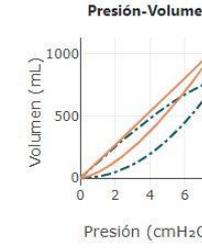
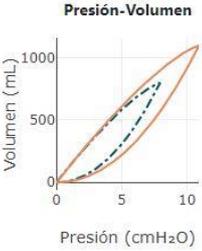
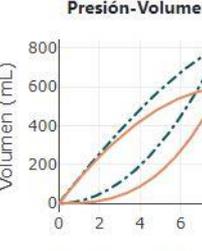
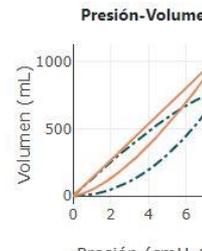
Pregunta: 3		
Temática: El parénquima pulmonar y su efecto sobre las variables y curvas ventilatorias		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
<p>Un paciente de 55 años de edad que es fumador activo desde los 20 ingresa a la unidad de cuidados intensivos con disnea, expectoración, sibilancias y roncus. El bucle volumen-flujo que usted esperaría es (línea punteada normal- línea verde continua esperada):</p>	<p>Dado el siguiente bucle volumen - flujo, usted podría inferir que el paciente que lo presenta se encuentra padeciendo:</p>	<p>Una mujer de 68 años de edad fumadora de 50 paquetes de cigarrillos al año llega a consulta manifestando dificultad respiratoria a pequeños esfuerzos y tos con expectoración. Al realizar las pruebas usted identifica que puede haber un aumento de la distensibilidad dado que observa hiperinflación en los estudios de imagenología, por lo que la curva volumen - flujo que usted esperaría es (línea punteada normal- línea verde continua esperada):</p>
 <p>3A</p>	<p>Una enfermedad restrictiva caracterizada por la afección de los neumocitos tipo 2 e infiltrado pleural</p>	 <p>3B</p>
 <p>3B</p>	<p>Una enfermedad obstructiva caracterizada por la destrucción y remodelamiento del acino</p>	 <p>3D</p>
 <p>3C</p>	<p>Una enfermedad obstructiva caracterizada por una respuesta inflamatoria mediada por eosinófilos, mastocitos y linfocitos T CD4</p>	 <p>3A</p>
 <p>3D</p>	<p>Una enfermedad restrictiva caracterizada por la hiperactividad de especies reactivas del oxígeno y citoquinas pro inflamatorias</p>	 <p>3C</p>

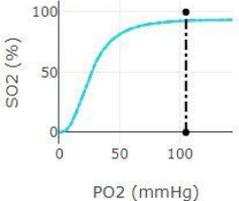
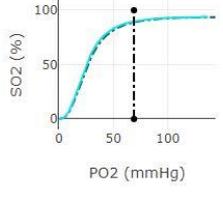
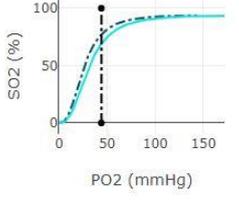
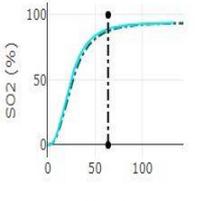
Pregunta: 4		
Temática: Presión atmosférica: impacto y repercusión fisiológica		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
Durante un experimento, se busca analizar las diferencias que hay en el comportamiento del sistema respiratorio de dos grupos de poblaciones. Se obtiene la siguiente curva ventilación-perfusión (Población 1: línea continua; Población 2: línea punteada), en las cuales se evidencia diferencias significativas, usted podría decir que esa diferencia:	Un paciente con función respiratoria limitada es trasladado de Bogotá a Medellín por orden de su médico especialista, usted podría argumentar que la decisión tomada tiene como objetivo:	Un jugador de futbol que tiene su lugar de entrenamiento cotidiano en Barcelona viaja a disputar un partido a la paz Bolivia, a los 30 minutos de juego este empieza a notar dificultad respiratoria, evento que está siendo ocasionado por:
Es consecuencia de las diferencias en las actividades cotidianas de las poblaciones	Mejorar el gradiente de presión alveolar a través del aumento de la presión atmosférica	La modificación de la composición del aire alveolar
Es consecuencia de una diferencia en la composición del aire de los lugares	Mejorar la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno mediante el aumento de la temperatura	La modificación del gradiente de presión entre el espacio alveolar y el torrente sanguíneo
Es debida a las características antropométricas de los individuos	Mejorar la relación ventilación - perfusión mediante una modificación en la composición del aire	La modificación de la temperatura del aire
Es consecuencia de la diferencia de altura que hay entre las ciudades de las dos poblaciones	Todas las anteriores	El estado físico del jugador

Pregunta: 5		
Temática: El efecto del agente tensoactivo en la función y mecánica pulmonar		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
Un paciente ingresa a la unidad de cuidados intensivos manifestando dificultad respiratoria. Cuando usted lo observa, nota que el paciente tiene disnea a pequeños esfuerzos y frecuencia respiratoria aumentada, lo cual podría ser indicio de:	Dada la siguiente descripción fisiológica, usted esperaría que el paciente se encuentre presentando: Aumento de la afluencia de neutrófilos y citonias proinflamatorias, superpuesto a una hiperplasia de los neumocitos tipo 2, que lleva a una modificación de la permeabilidad de la membrana generando infiltración de líquido en los alveolos, daño que lleva a desarrollar edema pulmonar	Una mujer de 22 años de edad ingresa a la unidad de cuidados intensivos presentando dificultad respiratoria grave, manifiesta dolor en el pecho y frecuencia respiratoria alta. Dado esto usted podría pensar que se encuentra mayormente afectada:
Enfermedad restrictiva que, entre otras, altera el funcionamiento de los neumocitos tipo 2.	Enfermedad obstructiva que modifica especialmente el diámetro de las vías respiratorias, aumentando la resistencia de la vía aérea	La elasticidad y resistencia
Enfermedad obstructiva, caracterizada por la destrucción y remodelamiento de la parénquima pulmonar	Enfermedad obstructiva que modifica especialmente la elasticidad, generando un aumento de la distensibilidad pulmonar	La resistencia y distensibilidad
Padecimiento de enfermedad mixta (obstructiva y restrictiva)	Enfermedad restrictiva que modifica especialmente el diámetro de las vías respiratorias, aumentando la resistencia de la vía aérea	La tensión superficial y distensibilidad
Ninguna de las anteriores	Enfermedad restrictiva que modifica especialmente la elasticidad del sistema, generando una disminución de la distensibilidad pulmonar	La tensión superficial y resistencia

Pregunta: 6		
Temática: Relación de la presión transpulmonar con las variables ventilatorias y respiratorias		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
<p>Un paciente de 23 años de edad ingresa a la unidad de cuidados intensivos con múltiples lesiones por arma blanca a la altura del pulmón derecho, una vez observadas variables ventilatorias, usted se percató de una disminución en la distensibilidad. Dado esto, la curva de flujo-tiempo que usted esperaría observar es (línea punteada normal- línea continua esperada):</p>	<p>Una mujer de aproximadamente 30 años de edad ingresa a la unidad de cuidados intensivos al sufrir un accidente automovilístico, esta llega con fractura costal y posible hemotórax, usted nota frecuencia respiratoria aumentada. Dadas las condiciones, la curva flujo-tiempo más probable es (línea punteada normal- línea continua esperada):</p>	<p>Dada la siguiente curva flujo volumen (continua: patológica, discontinua: normal), usted podría inferir que el paciente que le presenta:</p>
<p style="text-align: center;">Flujo</p>  <p style="text-align: right;">6A</p>	<p style="text-align: center;">Flujo</p>  <p style="text-align: right;">6C</p>	<p>Tiene una condición fisiológica que afecta principalmente la distensibilidad y por tanto el retroceso elástico del sistema</p>
<p style="text-align: center;">Flujo</p>  <p style="text-align: right;">6B</p>	<p style="text-align: center;">Flujo</p>  <p style="text-align: right;">6D</p>	<p>Tiene una condición fisiológica que afecta principalmente la resistencia y por tanto la relación ventilación - perfusión</p>
<p style="text-align: center;">Flujo</p>  <p style="text-align: right;">6C</p>	<p style="text-align: center;">Flujo</p>  <p style="text-align: right;">6B</p>	<p>Tiene una condición fisiológica que afecta principalmente la resistencia y por tanto el shunt fisiológico</p>
<p style="text-align: center;">Flujo</p>  <p style="text-align: right;">6D</p>	<p style="text-align: center;">Flujo</p>  <p style="text-align: right;">6A</p>	<p>Tiene una condición fisiológica que afecta principalmente la elasticidad y por tanto la oposición que tiene el sistema al flujo de aire</p>

Pregunta: 7		
Temática: La relación ventilación-perfusión		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
Una mujer de 64 años de edad con antecedentes de tabaquismo ingresa a la unidad de cuidados intensivos presentando disnea y tos con expectoración, al revisar los estudios de imagenología usted nota hiperinsuflación pulmonar. Una vez observadas las variables ventilatorias se da cuenta de un aumento de la distensibilidad y de la resistencia. Usted esperaría que la curva de ventilación perfusión:	Un hombre de 55 años de edad llega a consulta manifestando disnea , cansancio y sibilancias audibles, al observar los estudios de espirometría proporcionados por el paciente usted se percata de una enfermedad obstructiva irreversible, por lo que esperaría que la curva de ventilación perfusión:	A la unidad de cuidados intensivos ingresa un paciente con dificultad respiratoria aguda, al revisarlo usted nota disnea, tos con expectoración y roncus en ambos pulmones. Dicho esto, usted podría presumir que la relación ventilación - perfusión se encuentre:
Se vea desplazada hacia la izquierda, con un aumento considerable de la PACO2	Muestre valores de PACO2 altos debido al atrapamiento de aire que hay a causa de atelectasia	Disminuida, ya que hay destrucción y Remodelamiento del parénquima pulmonar, lo que conlleva a niveles altos de PACO2
Se vea desplazada hacia la derecha, manteniendo una alta PACO2	Muestre valores de PACO2 altos debido a la limitada cantidad de aire que ingresa al sistema a causa de edema pulmonar	Aumentada, ya que hay hiperventilación de los alvéolos, lo que conlleva a niveles altos de PACO2
No se vea desplazada, pero muestre un aumento considerable de la PACO2	Muestre valores de PACO2 altos debido a la limitada cantidad de aire que ingresa al sistema a causa de la producción de moco	Disminuida, ya que hay infiltración pleural, lo que conlleva a niveles bajos de PACO2
No se vea desplazada y muestre aumento considerable de la PACO2 y PAO2	Muestre valores de PACO2 altos debido al atrapamiento de aire que hay a causa del Remodelamiento del acino pulmonar	Aumentada, ya que hay modificación de la permeabilidad de la membrana alveolo capilar, lo que conlleva a niveles bajos de PACO2

Pregunta: 8		
Temática: Importancia y efecto de la compliance en la mecánica pulmonar		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
<p>En la unidad de cuidados intensivos se encuentra un paciente que parece presentar edema pulmonar con una posible alteración de la producción de surfactante. Dadas éstas condiciones, la curva de presión-volumen que esperaría observar es (línea punteada normal- línea continua esperada):</p>	<p>Un hombre de 45 años de edad llega a consulta porque manifiesta tener dolor en el pecho, cansancio, disnea y frecuencia respiratoria acelerada. usted se percata de una posible disminución de la distensibilidad, por lo que la curva presión volumen que esperaría es (línea punteada normal- línea continua esperada):</p>	<p>Durante su estancia en la unidad de cuidados intensivos, un estudiante le pregunta por la siguiente curva presión-volumen (Discontinua: normal , continua: patológica) , usted podría argumentarle que se observa de esta forma debido a:</p>
 <p>8A</p>	 <p>8B</p>	<p>Una afección en el músculo liso, que lleva a una reducción de la luz de la vía aérea, lo que aumenta la resistencia al flujo de aire</p>
 <p>8B</p>	 <p>8D</p>	<p>Una afección del equilibrio síntesis - degradación de elastina, que lleva a una modificación de la elasticidad del sistema, lo que aumenta la distensibilidad del sistema.</p>
 <p>8C</p>	 <p>8A</p>	<p>Una afección de las células ciliadas, que lleva a un aumento de la producción y falta de desplazamiento de moco , lo que aumenta la resistencia al flujo de aire</p>
 <p>8D</p>	 <p>8C</p>	<p>Una afección de los neumocitos tipo 2, que lleva a un déficit de agente tensoactivo, lo que aumenta el retroceso elástico de los pulmones</p>

Pregunta: 9		
Temática: Ley de Dalton		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
<p>Un paciente que acude a la Unidad de Urgencias con tos, expectoración, disnea y sibilancias, muestra una gráfica de disociación de oxígeno como la mostrada a continuación (línea punteada: normal; línea continua azul clara: paciente). Usted esperaría que este comportamiento se esté dando debido a:</p>	<p>Una mujer de 50 años de edad ingresa a la unidad de cuidados intensivos presentando disneas, tos persistente y sibilancias. Al realizar los correspondientes estudios usted nota un aumento del pH con aumento de la PaCO₂, por lo que la curva de disociación de oxígeno que esperaría es (línea punteada normal- línea continua esperada):</p>	<p>Un hombre de 60 años de edad llega a consulta manifestando disnea, tos con expectoración verdosa y crepitantes, luego de los estudios de espirometría se percata de una enfermedad obstructiva, por lo que usted esperaría que la curva de disociación de oxígeno evidencie:</p>
<p>El aumento del pH en sangre</p>	 <p>9A</p>	<p>Un aumento del pH con disminución de la afinidad de la hemoglobina del oxígeno</p>
<p>La disminución de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno</p>	 <p>9B</p>	<p>Una disminución del pH con disminución de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno</p>
<p>El desarrollo de un patrón hiperbólico</p>	 <p>9C</p>	<p>Un aumento del pH con aumento de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno</p>
<p>Todas las anteriores</p>	 <p>9D</p>	<p>Una disminución del pH con aumento de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno</p>

Pregunta: 10		
Temática: Intercambio gaseoso		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
Una mujer de 31 años de edad es admitida en urgencias por dificultad respiratoria, presenta aumento de la frecuencia respiratoria y disminución de la distensibilidad, volumen tidal, PaCO ₂ y PaO ₂ . Por lo tanto usted podría inferir que si la paciente no es atendida de forma oportuna:	Un hombre de 36 años de edad es admitido en urgencias al presentar disnea grave, fatiga y frecuencia respiratoria inusualmente aumentada, al realizar los estudios se percata de una dificultad respiratoria restrictiva, por lo que podría presumir que el pH se encuentra:	Una mujer de 47 años de edad acude a consulta debido a que manifiesta disnea a pequeños esfuerzos junto a sonidos crepitantes a la auscultación, lo que le da indicios de una disminución grave de la distensibilidad. Dado esto, usted esperaría que a la prueba de gases arteriales se observe:
Mostrará un progresivo aumento de la PaCO₂ y desarrollará acidosis respiratoria	Aumentado debido al creciente shunt fisiológico, lo que supone un aumento de la PaCO₂	Una disminución del pH con disminución de la PaCO ₂
Mantendrá sus condiciones actuales de PaCO ₂ debido a la hiperventilación	Disminuido debido a la hiperventilación alveolar, lo que supone una disminución de la PaCO ₂	Un pH estable con aumento de la PaCO ₂
Mostrará una progresiva disminución de la PaCO ₂ como consecuencia del aumento de la frecuencia respiratoria	Disminuido debido a la modificación de la permeabilidad de la membrana alveolo capilar, lo que supone una disminución de la PaCO ₂	Un aumento del pH con aumento de la PaCO₂
Mostrará un aumento progresivo de la PaCO ₂ debido a el desarrollo de enfisema en la parénquima pulmonar	Aumentado debido a la modificación de la estructura alveolar, lo que supone un aumento de la PaCO ₂	Un pH estable con disminución de la PaCO ₂

Pregunta: 11		
Temática: El espacio muerto fisiológico: importancia y efecto en la función fisiológica		
Prueba A	Prueba B	Prueba C
Un hombre de 45 años es admitido en urgencias con dificultad respiratoria, presenta tos persistente con expectoración y disnea. Una vez es valorado por el médico de turno, él evidencia aumento de la distensibilidad, disminución de la presión muscular, aumento de la resistencia y disminución de la saturación de oxígeno. Este cuadro podría estar relacionado con:	Un paciente ingresa a la unidad de cuidados intensivos debido a que presenta disnea, con frecuencia respiratoria aumentada y superficial. Al realizar la auscultación se determinan crepitantes en los dos pulmones, lo que puede ser indicio de modificación de la permeabilidad de la membrana alveolo capilar, evento que generara:	Un hombre de 70 años de edad fumador desde los 25 acude a consulta manifestando disnea a pequeños esfuerzos y tos crónica con expectoración. Usted podría presumir que el espacio muerto se encuentra:
Hipoxemia progresiva debido al aumento del espacio muerto fisiológico generado por el desarrollo de edema	Una disminución de la distensibilidad a causa del aumento de la producción de elastina	Aumentado debido al desarrollo de fibrosis
Hipoxemia debido al aumento del espacio muerto fisiológico generado gracias a la destrucción y remodelamiento del parénquima pulmonar	Un aumento de la resistencia a causa de la respuesta a especies reactivas del oxígeno	Aumentado debido a hiperventilación de los alvéolos
Hipoxemia debido al aumento del espacio muerto fisiológico, consecuencia de la hiperreactividad del sistema, lo que llevó a la producción de agentes inflamatorios	Una aumento del shunt fisiológico a causa del déficit de producción de surfactante	Aumentado debido a edema del músculo liso
Hipoxemia debido al aumento del espacio muerto fisiológico, consecuencia del aumento de la producción de colágeno.	Un aumento del espacio muerto a causa de la destrucción y remodelamiento del parénquima pulmonar	Aumentado debido a desequilibrio de la producción - destrucción de colágeno y elastina

Anexo 6. Preguntas entrevista elicitación requerimientos de contenido.

Entrevista App: Anatomía & Fisiología

¿Cuál es su nombre?

Tu respuesta _____

¿Cuál es su especialidad?

Tu respuesta _____

¿Cuántos años de experiencia tiene como docente?

Tu respuesta _____

¿Qué cursos ha dictado en los últimos 5 años y a qué público? pregrado, posgrado

¿Cuántos estudiantes en promedio han presenciado sus cursos donde se dicte la temática de Anatomía y Fisiología del sistema respiratorio?

Tu respuesta _____

¿Cuánto tiempo le ha dedicado usted en horas presenciales a dictar la temática de anatomía del sistema respiratorio?

Tu respuesta _____

¿Qué tipo de metodologías ha usado en su experiencia docente para dictar anatomía y fisiología del sistema respiratorio?

Tu respuesta _____

¿Cuál cree usted que ha sido (o es) la metodología más efectiva para enseñar anatomía y fisiología del sistema respiratorio y por qué?

Tu respuesta _____

¿Cuántas horas presupuesta usted que el estudiante le dedique tiempo de manera autodidacta al estudio de anatomía y fisiología del sistema respiratorio?

Tu respuesta _____

¿Cuáles páginas o aplicaciones ha usado como herramientas de apoyo para enseñar esta temática?

Tu respuesta _____

¿Utiliza solo su computador o también utiliza dispositivos móviles?

Tu respuesta _____

¿Cómo recomienda a sus estudiantes que estudien de manera autodidacta?

Tu respuesta _____

¿Cómo ha dividido la temática de Anatomía y Fisiología del sistema respiratorio dentro de sus cursos?

Tu respuesta

¿En qué temática es la que usted ha percibido que los estudiantes sienten mayor dificultad en la comprensión?

Tu respuesta

¿A qué temática la dedica más horas de clase?

Tu respuesta

¿Cuántas evaluaciones relacionadas con esta temática realiza usted en sus cursos?

Tu respuesta

¿Qué estrategias de evaluación de conocimiento ha utilizado?

Tu respuesta

¿Considera que dichas estrategias logran medir el conocimiento del estudiante?

Tu respuesta

¿Cómo evalúa la percepción del estudiante ante el curso y ante usted como docente?

Tu respuesta

Ha tenido la experiencia de dictar esta temática de manera virtual?

Sí

No

En caso de ser afirmativo. ¿Qué plataforma ha utilizado?

Tu respuesta

¿Cómo es la interacción con el estudiante? ¿la considera efectiva?

Tu respuesta

¿Qué le cambiaría o le incluiría a la plataforma?

Tu respuesta

¿Cómo se evaluó el seguimiento de los estudiante?

Tu respuesta

¿Cómo se realizó la evaluación docente en esta modalidad?

Anexo 7. Instrumento validación App Fisiología y Anatomía



Evaluación del contenido de una aplicación web sobre ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA del Sistema Respiratorio, Universidad de Antioquia

Nombres y apellidos: _____
Especialidad Médica: _____
Cédula: _____
E-mail: _____
Fecha: _____

A continuación, encontrará una encuesta que busca identificar la calidad y pertinencia del contenido relacionado en la aplicación web sobre Anatomía y Fisiología del Sistema Respiratorio. Los datos recolectados serán usados en el desarrollo del proyecto “Desarrollo de Aplicaciones Móviles para el Aprendizaje del Sistema Respiratorio: Conceptos básicos, diagnóstico de enfermedades, terapia y rehabilitación”, que busca impactar positivamente en los procesos de enseñanza aprendizaje de programas universitarios de las áreas de la salud.

Su colaboración es muy importante para el desarrollo de la investigación. Por favor, lea atentamente y complete la información solicitada. Los datos aquí consignados serán tratados con confidencialidad.

En una escala del 1 al 5, donde 1 es la calificación mínima y 5 la calificación máxima, cómo calificaría los siguientes ítems.

Módulo: Ventilación. Temática: Ecuación del movimiento.	Escala				
	1	2	3	4	5
La ecuación del movimiento se encuentra bien definida matemáticamente.	1	2	3	4	5
Se expresa con claridad la importancia de la ecuación del movimiento.	1	2	3	4	5
Se explican con suficiencia las variables contenidas en la ecuación del movimiento.	1	2	3	4	5
Es clara la relación fisiológica de la ecuación del movimiento y sus variables.	1	2	3	4	5
La metodología mediante la cual se desarrolla la ecuación del movimiento es adecuada.	1	2	3	4	5

Módulo: Ventilación. Temática: Anatomía.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se muestran con suficiencia las estructuras anatómicas más relevantes del sistema respiratorio	1	2	3	4	5
La relación posicional de las estructuras anatómicas con la imagen es la correcta	1	2	3	4	5
El modelo ventilatorio es pertinente	1	2	3	4	5
El modelo ventilatorio se describe correctamente	1	2	3	4	5
Las descripciones relacionadas a las estructuras anatómicas son adecuadas	1	2	3	4	5
Las descripciones relacionadas a las estructuras anatómicas son suficientes	1	2	3	4	5
Los gráficos relacionados son ilustrativos	1	2	3	4	5

Módulo: Ventilación. Temática: Señales ventilatorias.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se muestran las señales ventilatorias más relevantes	1	2	3	4	5
La descripción de la señal de flujo es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de flujo se asemeja a la obtenida por un sujeto sano	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de flujo corresponden a los de un sujeto sano	1	2	3	4	5
Las unidades de los ejes de la señal de flujo son correctas.	1	2	3	4	5
La descripción de la señal de presión pleural es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de presión pleural se asemeja a la obtenida por un sujeto sano	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de presión pleural corresponden a los de un sujeto sano	1	2	3	4	5
Las unidades de los ejes de la señal de presión pleural son correctas.	1	2	3	4	5
La descripción de la señal presión - volumen es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal presión - volumen se asemeja a la obtenida por un sujeto sano	1	2	3	4	5
Los valores de la señal presión - volumen corresponden a los de un sujeto sano	1	2	3	4	5
Las unidades de los ejes de la señal presión - volumen son correctas.	1	2	3	4	5
La descripción de la señal volumen es suficiente.					
El comportamiento de la señal volumen se asemeja a la obtenida por un sujeto sano					

(Continuación) Módulo: Ventilación. Temática: Señales ventilatorias.	Escala				
	1	2	3	4	5
Los valores de la señal volumen corresponden a los de un sujeto sano	1	2	3	4	5
Las unidades de los ejes de la señal volumen son correctas.	1	2	3	4	5
La descripción de la señal presión muscular es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal presión muscular se asemeja a la obtenida por un sujeto sano	1	2	3	4	5
Los valores de la señal presión muscular corresponden a los de un sujeto sano	1	2	3	4	5
Las unidades de los ejes de la señal presión muscular son correctas.	1	2	3	4	5
La descripción de la señal volumen -flujo es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal volumen -flujo se asemeja a la obtenida por un sujeto sano	1	2	3	4	5
Los valores de la señal volumen -flujo corresponden a los de un sujeto sano	1	2	3	4	5
Las unidades de los ejes de la señal volumen -flujo son correctas.	1	2	3	4	5
El ordenamiento de las señales es adecuado	1	2	3	4	5

Módulo: Ventilación. Temática: Controles.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se encuentran relacionadas las variables más relevantes que modifican el comportamiento de las señales ventilatorias	1	2	3	4	5
Las variables están subagrupadas de forma adecuada	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado esfuerzo muscular es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado esfuerzo muscular es correcta	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado mecánica ventilatoria es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado mecánica ventilatoria es correcta	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado antropometría es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado antropometría es correcta	1	2	3	4	5

Módulo: Respiración. Temática: Unidad alveolar.	Escala				
	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “inspiración” – “alveolar” es pertinente	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “inspiración” - “alveolar” es clara	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “inspiración” – “sanguíneo” es pertinente	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “inspiración” - “sanguíneo” es clara	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “inspiración” – “ventilación – perfusión” es pertinente	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “inspiración” - “ventilación – perfusión” es clara	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “expiración” – “alveolar” es pertinente	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “expiración” - “alveolar” es clara	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “expiración” – “sanguíneo” es pertinente	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “expiración” - “sanguíneo” es clara	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “expiración” – “ventilación – perfusión” es pertinente	1	2	3	4	5
La ecuación del apartado “expiración” - “ventilación – perfusión” es clara	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “V'O ₂ ” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “V'O ₂ ” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “V'A” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “V'A” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “(P _{IO₂} – P _{AO₂})” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “(P _{IO₂} – P _{AO₂})” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “K” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “K” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “V'CO ₂ ” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “V'CO ₂ ” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “(P _{ACO₂} - P _{ICO₂})” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “(P _{ACO₂} - P _{ICO₂})” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “Q” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “Q” es suficiente					
La descripción de la variable “(C _{aO₂} – C _{vO₂})” es correcta					
La descripción de la variable “(C _{aO₂} – C _{vO₂})” es suficiente					

(Continuación) Módulo: Respiración. Temática: Unidad alveolar.	Escala				
	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “ $(CaCO_2 - CvCO_2)$ ” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción de la variable “ $(CaCO_2 - CvCO_2)$ ” es suficiente	1	2	3	4	5
Las imágenes relacionadas son ilustrativas	1	2	3	4	5
Las imágenes son explícitas y concisas	1	2	3	4	5

Módulo: Respiración. Temática: Ley de Dalton.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se explica de forma clara y concisa la ley de dalton	1	2	3	4	5
La imagen relacionada es ilustrativa	1	2	3	4	5

Módulo: Respiración. Temática: Monitoreo.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se relacionan las variables pertinentes al monitoreo de un sujeto	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ PIO_2 ” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ PIO_2 ” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ $PICO_2$ ” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ $PICO_2$ ” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ PaO_2 ” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ PaO_2 ” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ $PaCO_2$ ” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ $PaCO_2$ ” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ PAO_2 ” es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ PAO_2 ” es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable “ $PACO_2$ ” es correcta					
La descripción asociada a la variable “ $PACO_2$ ” es suficiente					
La descripción asociada a la variable “ $V'A$ ” es correcta					
La descripción asociada a la variable “ $V'A$ ” es suficiente					
La descripción asociada a la variable “ Q ” es correcta					
La descripción asociada a la variable “ Q ” es suficiente					

(Continuación) Módulo: Respiración. Temática: Monitoreo.	Escala				
	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "V/Q" es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "V/Q" es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "PaFi" es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "PaFi" es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "V/A" es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "V/A" es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "VD" es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "VD" es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "VT" es correcta	1	2	3	4	5
La descripción asociada a la variable "VT" es suficiente	1	2	3	4	5

Módulo: Respiración. Temática: Señales respiratorias.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se incluyen las señales adecuadas	1	2	3	4	5
La descripción de la señal de disociación de oxígeno es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de disociación de oxígeno se asemeja a la obtenida por un sujeto sano	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de disociación de oxígeno corresponden a los de un sujeto sano	1	2	3	4	5
Las unidades de los ejes de la señal de disociación de oxígeno son correctas.	1	2	3	4	5
La descripción de la señal ventilación - perfusión de oxígeno es suficiente.					
El comportamiento de la señal de ventilación - perfusión se asemeja a la obtenida por un sujeto sano					
Los valores de la señal ventilación - perfusión corresponden a los de un sujeto sano					
Las unidades de los ejes de la señal de ventilación - perfusión son correctas.					

Módulo: Respiración. Temática: Controles.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se relacionan las variables relevantes en el comportamiento de las señales expuestas	1	2	3	4	5
Se encuentran subagrupadas de forma adecuada	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado condiciones ambientales es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado condiciones ambientales es correcta	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado ventilación es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado ventilación es correcta	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado perfusión es suficiente	1	2	3	4	5
La descripción relacionada con el apartado perfusión es correcta	1	2	3	4	5

Módulo: Fisiopatología. Temática: General.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se incluyeron patologías de relevancia e impacto	1	2	3	4	5
Los casos clínicos seleccionados son pertinentes y relevantes	1	2	3	4	5

Módulo: Fisiopatología. Temática: Monitoreo.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se muestran las variables adecuadas para el monitoreo de pacientes	1	2	3	4	5
Se encuentran subagrupadas adecuadamente las variables de monitoreo	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "R" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "C" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "FR" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "VA" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "VT" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "Ve" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "VD" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5

(Continuación) Módulo: Fisiopatología. Temática: Monitoreo.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "PIP" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "PIO ₂ " para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "PaCO ₂ " para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "V/Q" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "PaO ₂ " para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "SaO ₂ " para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Se explica de forma adecuada la razón fisiológica del cambio en la variable "PaFi" para un sujeto sano y los diferentes pacientes	1	2	3	4	5
Los valores mostrados se asemejan a los que presentan pacientes durante el desarrollo de la patología	1	2	3	4	5

Módulo: Fisiopatología. Temática: Señales ventilatorias.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se muestran las señales ventilatorias relevantes para el estudio de la patología	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal de flujo es correcta.	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal de flujo es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de flujo se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de flujo se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de flujo se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de flujo corresponden a los de un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de flujo corresponden a los de un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de flujo corresponden a los de un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal de volumen es correcta.	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal de volumen es suficiente.	1	2	3	4	5

(Continuación) Módulo: Fisiopatología. Temática: Señales ventilatorias.	Escala				
	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de volumen se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de volumen se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de volumen se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de volumen corresponden a los de un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de volumen corresponden a los de un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de volumen corresponden a los de un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal de presión muscular es correcta.	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal de presión muscular es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de presión muscular se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de presión muscular se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de presión muscular se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de presión muscular corresponden a los de un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de presión muscular corresponden a los de un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de presión muscular corresponden a los de un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento del bucle flujo es correcta.	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento del bucle flujo es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento del bucle flujo se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
El comportamiento del bucle flujo se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
El comportamiento del bucle flujo se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
Los valores del bucle flujo corresponden a los de un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
Los valores del bucle flujo corresponden a los de un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5

(Continuación) Módulo: Fisiopatología. Temática: Señales ventilatorias.	Escala				
	1	2	3	4	5
Los valores del bucle flujo corresponden a los de un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento del bucle volumen es correcta.	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento del bucle volumen es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento del bucle volumen se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
El comportamiento del bucle volumen se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
El comportamiento del bucle volumen se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
Los valores del bucle volumen corresponden a los de un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
Los valores del bucle volumen corresponden a los de un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
Los valores del bucle volumen corresponden a los de un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5

Módulo: Fisiopatología. Temática: Señales respiratorias.	Escala				
	1	2	3	4	5
Se muestran las señales respiratorias adecuadas para el estudio de las patologías	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal de disociación de oxígeno es correcta.	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal de disociación de oxígeno es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de disociación de oxígeno se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de disociación de oxígeno se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal de disociación de oxígeno se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de disociación de oxígeno corresponden a los de un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de disociación de oxígeno corresponden a los de un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
Los valores de la señal de disociación de oxígeno corresponden a los de un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5

(Continuación) Módulo: Fisiopatología. Temática: Señales respiratorias.	Escala				
	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal ventilación – perfusión es correcta.	1	2	3	4	5
La explicación fisiológica del comportamiento de la señal ventilación – perfusión es suficiente.	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal ventilación – perfusión se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal ventilación – perfusión se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
El comportamiento de la señal ventilación – perfusión se asemeja a la obtenida por un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal ventilación – perfusión corresponden a los de un paciente que presenta ASMA	1	2	3	4	5
Los valores de la señal ventilación – perfusión corresponden a los de un paciente que presenta EPOC	1	2	3	4	5
Los valores de la señal ventilación – perfusión corresponden a los de un paciente que presenta SDRA	1	2	3	4	5

Módulo: Interfaz.	Escala				
	1	2	3	4	5
El tamaño y color de la letra es pertinente	1	2	3	4	5
El posicionamiento de los controles e imágenes es el adecuado	1	2	3	4	5
La forma de los controles facilita la manipulación de las señales	1	2	3	4	5

Anexo 8. Instrumento pruebas de usabilidad app Anatomía y Fisiología



Prueba de usabilidad aplicación sobre ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA del Sistema Respiratorio, Universidad de Antioquia

Número del Test: _____ Fecha: _____

A continuación, encontrará una encuesta que busca evaluar aspectos funcionales de la aplicación sobre *Anatomía y Fisiología del Sistema Respiratorio*. Los datos recolectados serán usados en el desarrollo del proyecto “Desarrollo de Aplicaciones Móviles para el Aprendizaje del Sistema Respiratorio: Conceptos básicos, diagnóstico de enfermedades, terapia y rehabilitación”, que busca impactar positivamente en los procesos de enseñanza aprendizaje de programas universitarios de las áreas de la salud.

Su colaboración es muy importante para el desarrollo de la investigación. Por favor, lea atentamente y complete la información solicitada. Los datos aquí consignados serán tratados con confidencialidad.

Preguntas 1 – 4: Realice una tarea asignada. En esta sección deberá realizar cada una de las tareas descritas en la siguiente tabla, respondiendo además a las preguntas indicadas luego de realizar la tarea. Para calcular el tiempo que le llevará realizar la tarea, utilice el siguiente cronómetro: <https://reloj-alamia.es/cronometro/>, el cual debe ser activado cada vez que se le indique.

Tarea	Tiempo (seg)	¿Cuántos errores cometió al realizar la tarea?	¿Completó la tarea?		Pregunta
			SI	NO	
1. 1.1. De inicio al cronómetro 1.2. Ingrese a la sección de Entrenamiento del módulo de Anatomía & Fisiología, 1.3. Diríjase a la temática de Fisiopatología 1.4. Abra la información de Señales Ventilatorias. 1.5. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinicielo antes de empezar la siguiente tarea.					¿Cuántas gráficas se describen? _____
2. 2.1. De inicio al cronómetro					

Tarea	Tiempo (seg)	¿Cuántos errores cometió al realizar la tarea?	¿Completó la tarea?		Pregunta
			SI	NO	
2.2. Dirijase a la temática de Ventilación en la sección de Entrenamiento del Módulo Anatomía & Fisiología. 2.3. Abra la ilustración de Músculos Ventilatorios de la sección de Anatomía 2.4. Explore cada uno de los músculos. 2.5. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinicielo.					¿Cuántos músculos contó? _____
3. 3.1. De inicio al cronómetro 3.2. Dirijase a la sección de Respiración de la sección de entrenamiento del módulo de Anatomía y Fisiología. 3.3. Ubíquese en la sección de controles y configure una altura de aproximada de 2500 msn y una frecuencia respiratoria de 16 3.4. Dirijase a la sección de monitoreo y lea el valor de presión inspirada de oxígeno. 3.5. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinicielo.					¿El valor de presión inspirada de O ₂ , aumentó o disminuyó? _____
4. 4.1. De inicio al cronómetro 4.2. Dirijase a la temática de Ventilación en la sección de Entrenamiento del módulo de Anatomía & Fisiología. 4.3. Haga zoom sobre la Señal Ventilatoria correspondiente a la Presión Pleural. 4.4. Regrese la Señal Ventilatoria a la vista inicial. 4.5. Cuando haya terminado la tarea, detenga el cronómetro y anote el tiempo empleado. Luego reinicielo antes de empezar la siguiente tarea.					¿De qué forma se regresa la gráfica a la vista inicial? _____

En las preguntas 5 a 26 marque con una X en el lugar que mejor refleje su grado de acuerdo o desacuerdo con cada una de las siguientes afirmaciones.

Preguntas 5 – 7: Nivel de satisfacción general con la realización de las tareas.

5. En general, estoy satisfecho con la facilidad de realizar estas tareas.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

6. En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó completar estas tareas.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

7. En general, estoy satisfecho con los mensajes de ayuda al completar estas tareas.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

Preguntas 8 – 15: Nivel de satisfacción con la facilidad de uso de la aplicación al realizar las tareas.

8. En general, estoy satisfecho con lo fácil que es utilizar esta aplicación.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

9. Fue sencillo utilizar esta aplicación.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

10. Podría completar eficazmente las tareas y escenarios que utilizan esta aplicación.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

11. Tuve la oportunidad de completar las tareas y escenarios rápidamente.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

12. Tuve la oportunidad de completar eficazmente las tareas y escenarios que utiliza esta aplicación.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

13. Me sentí cómodo al utilizar la aplicación.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

14. Fue fácil de aprender a utilizar esta aplicación.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

15. Creo que podría ser aprender rápidamente usar esta aplicación por completo.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

Preguntas 16 – 17: Nivel de satisfacción con la facilidad para solucionar errores al realizar las tareas.

16. La aplicación dio mensajes de error que me dicen claramente cómo solucionar problemas.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

17. Siempre que cometí un error en la aplicación, pude salir fácil y rápidamente del problema.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

Preguntas 18 – 22: Nivel de satisfacción referente a la información suministrada por la aplicación.

18. La información (por ejemplo, los mensajes que aparecen en pantalla y otros recursos) proporcionada por la aplicación fue clara.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

19. Fue fácil encontrar la información que necesitaba.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

20. La información proporcionada por la aplicación fue fácil de entender.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

4 de 5

APP ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA

21. La información fue eficaz para ayudarme a completar las tareas y escenarios.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

22. La organización de la información que muestra la aplicación en pantalla fue clara.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

Preguntas 23 – 24: Nivel de satisfacción referente a la interfaz de la aplicación.

23. La interfaz de la aplicación fue agradable.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

24. Me gustó usar la interfaz de esta aplicación.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

Preguntas 25 – 26: Nivel de satisfacción referente a las funciones de la aplicación.

25. Esta aplicación tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

26. En general, estoy satisfecho con esta aplicación.

Desacuerdo | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | Acuerdo

Muchas gracias por su colaboración.

5 de 5

APP ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA