



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Sistema Humano-Computadora
con Realidad Virtual para la
práctica de registro clínico en
estudiantes de Medicina**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A

Francisco Javier Angeles Reyes

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Sergio Teodoro Vite



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado SISTEMA HUMANO-COMPUTADORA CON REALIDAD VIRTUAL PARA LA PRACTICA DE REGISTRO CLINICO EN ESTUDIANTES DE MEDICINA que presenté para obtener el título de INGENIERO MECATRÓNICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

FRANCISCO JAVIER ANGELES REYES
Número de cuenta: 417011361

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis profesores, por su dedicación, paciencia y compromiso en cada etapa de mi formación. Sus enseñanzas y su pasión por sus materias que imparten dejaron una huella profunda en mi manera de pensar y fueron una gran motivación para seguir aprendiendo.

A mis amigos, por estar presentes con palabras de aliento, por su compañía sincera y por ser una influencia positiva que me ayudó a mantener el rumbo. Su presencia hizo este proceso más llevadero y significativo.

A mi familia, por ser mi sostén en los momentos difíciles y celebrar conmigo cada pequeño avance. Su amor, su comprensión y su unidad han significado ese espacio seguro tan importante en mi vida, y han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

Y en especial a mi madre, que con su esfuerzo, ternura y valentía me acompañó y cuidó siempre, y me sigue acompañando en cada logro con el que quiero honrar su memoria. Su amor de madre y su recuerdo serán siempre mi inspiración para ser mejor persona.

De la misma manera quiero dedicar este trabajo a mi padre, que siempre me empujó a intentar y no soltar mis objetivos. Por motivarme siempre a seguir adelante, por enseñarme a no rendirme y a confiar en mis capacidades incluso cuando yo dudaba. Gracias por ser mi impulso constante.

Agradecimientos

Agradezco al Departamento de Integración de Ciencias Médicas (DICIIM) por permitirme realizar este proyecto como parte de mi servicio social, así como el apoyo y las facilidades para realizar las pruebas de este simulador.

También agradezco el apoyo del Proyecto #1500 ATLAS ANATÓMICO 3D CON REALIDAD VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIAJE DE LA ANATOMÍA HUMANA Y DIAGNÓSTICO MÉDICO USANDO IMÁGENES DE TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA, en el marco del Concurso InnovaUNAM para el aprendizaje y la enseñanza de contenidos prácticos en ciencias y humanidades a distancia.

Resumen

Introducción: Con el auge de las tecnologías del metaverso, como la realidad virtual, el área de la salud se ha enriquecido de una nueva forma de representar escenarios simulados con fines de aprendizaje. La toma del historial clínico representa uno de los pilares para la formación médica en la atención y seguridad del paciente. En este trabajo se presenta el desarrollo y pruebas de un entorno de realidad virtual para la toma de historial clínico con fines de práctica para estudiantes de Medicina.

Materiales y métodos: Mediante la programación de entornos virtuales, se creó un software para simular un escenario de un consultorio. El entorno gráfico se compone de modelos tridimensionales que simulan la anatomía del paciente, sus movimientos, ruidos, gestos y retroalimentación por voz. Mediante un casco de realidad virtual, el participante interroga por comandos de voz al paciente virtual, realiza la toma de signos vitales mediante gestos y finalmente se simula el procedimiento de auscultación.

Resultados: Se realizó una prueba piloto con 20 participantes, entre docentes y alumnos de Medicina. La evaluación de uso general fue 9.65/10, comodidad 9.05/10, fatiga: 2.5/10, facilidad de uso: 8.9/10, tareas: 9.05/10, claridad de la información: 8.9/10, cansancio ocular: 3.7/10, facilidad de movimiento: 9.15/10, inmersión: 9.5/10, fidelidad: 9.15/10, satisfacción: 9.55/10. El 100% coincidió en que volverían a usar el software y lo recomendarían para uso en capacitación de la toma de historial clínico.

Discusión y conclusión: El entorno de realidad virtual para la toma de historial clínico fue bien evaluado en la retroalimentación general. Ello supone que el uso de la realidad virtual en la simulación de escenarios de toma de historial clínico es una herramienta útil para que un estudiante de Medicina se enfrente en etapas tempranas de su formación a situaciones fundamentales, que requieren de experiencias para la atención del paciente.

Abstract

Introduction: With the boom of metaverse technologies, such as virtual reality, the health area has been enriched by a new way of representing simulated scenarios for learning purposes. Clinical history-taking represents one of the pillars of medical training for care and patient safety. This paper proposes the development and testing of a virtual reality environment for clinical history taking, for practice purposes for medical students.

Materials and methods: By computer programming, a virtual environment was created to simulate a consulting room scenario. The environment is made by three-dimensional models that simulate the patient's anatomy, movements, noises, gestures, and voice feedback. Using a virtual reality head-mounted display, the participant interrogates the virtual patient by voice commands, takes vital signs through gestures, and finally simulates the auscultation procedure.

Results: A pilot test was carried out with 20 participants, including medicine teachers and students. Overall usage rating was 9.65/10, Comfort 9.05/10, Fatigue: 2.5/10, easy use: 8.9/10, tasks: 9.05/10, info clarity: 8.9/10, eye fatigue: 3.7/10, ease of movement: 9.15/10, immersion: 9.5/10, fidelity: 9.15/10, satisfaction: 9.55/10. 100% agreed that they would use the software again and would recommend it for use in clinical history-taking training.

Discussion and conclusion: The virtual reality environment for clinical history taking was well-evaluated in the general feedback. This means that the use of virtual reality in the simulation of clinical history taking scenarios is a useful tool for a medical student to face important situations in the early stages of their training, which require experiences for patient care.

Presentación de la tesis

El proyecto surge como una necesidad del Centro de Enseñanza y Certificación de Aptitudes Médicas (CECAM), perteneciente al Departamento de Integración de Ciencias Médicas (DICIIM) de la Facultad de Medicina de la UNAM, para la enseñanza en la toma del historial clínico. El CECAM es el centro de simulación encargado de la capacitación de estudiantes de pregrado y académicos de las diferentes licenciaturas de la Facultad de Medicina, desarrollando competencias profesionales y docentes mediante el uso de simulación clínica (Cecam, 2019).

Definición del problema y Justificación

Se han considerado más factores que influyen en el aprendizaje, y que tienen que ver con el uso de nuevas tecnologías como *e-learning*, *e-assessment* y *Big Data*, que su implementación tiene como fin adicional la alfabetización digital (Durante, 2021).

Mediante el uso de entornos de simulación se pueden capacitar tanto a estudiantes de Medicina como al personal médico de base, con la oportunidad de equivocarse y recibir una retroalimentación del desempeño, sin poner en riesgo al paciente o al médico durante el aprendizaje, y previniendo errores en la práctica real. Asimismo, se pueden simular situaciones que no son muy comunes en el día a día y para las que es difícil estar preparado, además de evitar que las habilidades o conocimientos se vayan perdiendo por la falta de práctica. Con la misma experimentación se logra mejorar la creatividad, innovación y seguridad en los procedimientos revisados, a la vez que se involucra de forma más activa a los participantes mediante la experiencia (Capurso García, 2022).

Para implementar y aprovechar las ventajas que ofrece la simulación a una mayor escala, aún se requiere proveer mayor facilidad para los profesores en la integración de estas tecnologías para la impartición de los programas de estudio. Adicionalmente, la práctica sin la necesidad exclusiva de estar presente en un centro de simulación da pie al aprendizaje asincrónico, permitiendo que los usuarios sean más independientes en la adquisición de conocimientos (Matos, 2021).

Objetivos de la tesis

Objetivo

Desarrollar, implementar y validar un software de simulación o *Serious Game*, enfocado a la temática de la realización del historial clínico de pacientes virtuales. El trabajo propone el análisis de la interacción del usuario con un sistema basado en realidad virtual y su efectividad en el estudio y seguimiento de un expediente clínico, para el aprendizaje de los estudiantes del primer año de la Facultad de Medicina.

Hipótesis

El uso de ambientes virtuales interactivos permite que un estudiante de la carrera de Médico Cirujano pueda adquirir habilidades y destrezas en el seguimiento de un historial clínico, impactando en las asignaturas de Integración Básico Clínico I, Integración Básico Clínico II, Integración Clínico Básico I e Integración Clínico Básico II, que se imparten en los primeros 4 años de la carrera de Médico Cirujano de la Facultad de Medicina de la UNAM.

Organización de la tesis

Este trabajo está compuesto de 5 capítulos, un capítulo de introducción, un capítulo de materiales y métodos, un capítulo de pruebas experimentales, un capítulo de resultados y finalmente las conclusiones de este trabajo, que son descritos con mayor detalle a continuación:

En el primer capítulo, se presenta una introducción a los juegos para la enseñanza y sus primeras propuestas a lo largo de la historia, así como los conceptos de *gamificación* y *Serious Games* o *Juegos Serios*. Adicionalmente se aborda el estado del arte en técnicas de simulación para la enseñanza de la medicina, así como la implementación de juegos serios y simulación virtual para la toma de la historia clínica en específico.

En el segundo capítulo, se describe la metodología empleada en la construcción del entorno de realidad virtual y la implementación de los recursos que ofrece el motor de videojuegos *Unity* para la interacción y despliegue en un visor de Realidad Virtual. Asimismo, se menciona el uso de Blender y Make Human para la creación de elementos gráficos, y el uso de un servicio de procesamiento de lenguaje natural, para la entrevista a un paciente simulado.

En el tercer capítulo, se explica la metodología en pruebas experimentales con profesores y estudiantes de grado de la licenciatura en Medicina, y cuyas respuestas se exponen de manera estadística en el cuarto capítulo. Se presenta una muestra del cuestionario utilizado para este fin, en el primer anexo.

Finalmente, se realiza una conclusión con base en los resultados y opiniones vertidas en las pruebas con usuarios, para proponer a su vez implementaciones nuevas y mejoras para futuras versiones del simulador desarrollado en este trabajo.

Índice Temático

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Técnicas de simulación en la Medicina.....	5
1.1.1 Pacientes estandarizados o simulados	5
1.1.2 Simuladores de uso específico.....	6
1.1.3 Simuladores virtuales en pantalla.....	7
1.1.4 Simuladores de tareas complejas	8
1.1.5 Simuladores de paciente completo	9
1.1.6 Modelos de alta y baja fidelidad	10
1.2 Serious Games en la medicina	10
1.3 Simulación virtual para historial clínico	11
1.3.1 Síntomas	11
1.3.2 Historia de los síntomas.....	12
1.3.3 Antecedentes médicos.....	12
1.3.4 Medicación y alergias	12
1.3.5 Historial familiar.....	12
1.3.6 Historial social	13
1.3.7 Ideas, preocupaciones y expectativas.....	13
1.3.8 Consolidación.....	13
Capítulo 2. Materiales y métodos.....	15
2.1 Arquitectura del sistema	15

2.1.1 Plataforma Web	16
2.1.2 Integración de la API Wit	18
2.2 Modelado 3D.....	19
2.3 Despliegue gráfico	20
2.3.1 Motor de videojuegos.....	20
2.4 Interacción	21
2.4.1 Ruidos cardiacos y pulmonares.....	24
2.4.2 Toma de presión arterial y ruidos de Korotkoff	24
2.4.3 Entrevista al paciente.....	26
2.4.4 Toma de temperatura	26
Capítulo 3. Pruebas experimentales	28
3.1 Objetivos de estudio	28
3.2 Participantes	28
3.3 Condiciones experimentales	28
3.4 Protocolo de validación.....	29
3.4.1 Fase 1 - Familiarización.....	29
3.4.2 Fase 2 - Brief.....	29
3.4.3 Fase 3 - Experimento.....	29
3.4.4 Fase 4 – Cuestionario de satisfacción.....	30
Capítulo 4. Resultados	31
4.1 Experiencia previa	31

4.2 Demanda mental	32
4.3 Demanda física.....	34
4.4 Demanda temporal	35
4.5 Frustración	36
4.6 Complejidad de las tareas	37
4.7 Grado de estrés	39
4.8 Distracción	40
4.9 Demanda sensorial.....	41
4.10 Control en las tareas.....	42
4.11 Inmersión	44
4.12 Satisfacción final del usuario	45
Capítulo 5. Conclusiones	48
Anexos	49
A. Encuesta de evaluación del simulador.	49
Referencias.....	58

Índice de figuras

Figura 1. Ilustración del juego The Landlord's Game de Elizabeth Maggie, para la patente de 1904. Obtenido de (landlordsgame.info, 2017).	16
Figura 2. Representación de la Batalla de Waterloo en Kriegsspiel. Tomado de (Holland, 2021).	17

Figura 3. Paciente simulado en el Centro de Aprendizaje y Simulación, de la Escuela de Enfermería de la Universidad Duquesne, donde proveen de capacitación a estudiantes de enfermería, en un entorno de simulación, para mejorar la atención y el cuidado a personas con discapacidad. Tomado de (Henry, 2019).....	21
Figura 4. Simulador de uso específico, para la capacitación en la aplicación de presión cricoidea. Se trata de un modelo de la cabeza y el cuello, que cuenta con una laringe, cuyos sensores pueden localizar la fuerza aplicada y medir la misma. Tomado de (Owen et al., 2002).....	22
Figura 5. Representación virtual de un escenario con un paciente, en el simulador Body Interact. Tomado de (Padilha et al., 2019).....	23
Figura 6. Simulación de la evaluación ecográfica en la cavidad uterina. Este maniquí utiliza etiquetas de radiofrecuencia localizados en distintos puntos dentro del modelo que, al ser detectados mediante el sensor, el software implementado muestra un ultrasonido de un escenario hipotético. Tomado de (Ghi et al., 2020).....	24
Figura 7. Modelo de paciente completo para el entrenamiento en procedimientos post-mortem. Tomado de (Flössel et al., 2021).....	25
Figura 8. Escenario llamado SnowCanyon del videojuego serio SnowWorld, cuyo propósito es investigar la percepción del dolor en pacientes que han sufrido quemaduras. Tomado de (Maani et al., 2011).....	26
Figura 9. Diagrama de casos de uso del simulador.	30
Figura 10. Diagrama de casos de uso del creador de niveles.	32
Figura 11. Flujo de información durante el entrenamiento del modelo de lenguaje natural, utilizando la API Wit.....	33
Figura 12. Captura de pantalla del software Blender. En la escena mostrada en la pantalla de edición, se encuentran los elementos que se modelaron para el escenario, el cual simula un consultorio real.	34
Figura 13. Instrumentos para la toma de signos vitales, diseñados en Blender. Se muestra un termómetro digital en el centro, un estetoscopio a la izquierda y un baumanómetro a la	

derecha. Para estos dos últimos objetos, sus componentes se encuentran como objetos separados.	34
Figura 14. Captura de pantalla del software MakeHuman. En el editor se muestra un modelo del cuerpo humano, que se puede modificar mediante el uso de los controles deslizantes, presentes en el lado izquierdo de la ventana.	35
Figura 15. Representación gráfica de la reconstrucción geométrica que realiza Oculus Insight, utilizando sus 4 cámaras infrarrojas y su sistema de visión computacional. Tomado de (Hesch et al., 2019).	36
Figura 16. Detección de bordes mediante cambios de contraste en la cámara infrarroja y seguimiento de los controles. Tomado de (Hesch et al., 2019).	37
Figura 17. Asignación de acciones en los controladores del Oculus Quest 2. Las acciones presentes en ambos controladores indican que tendrán efecto en el objeto tomado con la mano del lado respectivo.	38
Figura 18. Las cápsulas azules representan la posición y orientación de las manos, dentro del ambiente virtual. Al apuntar a un instrumento que se pueda tomar, éste se resaltará en color amarillo.	38
Figura 19. Uso del estetoscopio en la auscultación del paciente.	39
Figura 20. Colocación del baumanómetro para la toma de la presión sanguínea. La línea roja representa el Raycast y el punto donde toca el collider, cuyo origen y eje se representan en azul. La proyección resultante se muestra en color negro.	40
Figura 21. Paciente respondiendo a una pregunta relacionada a su nombre, y después respondiendo a cualquier otra oración que no se relacione a la ficha de identificación. Estas preguntas se pueden realizar con la voz misma del jugador, gracias al micrófono integrado al visor, y la implementación del sistema de reconocimiento de voz y lenguaje natural.	41
Figura 22. Uso del termómetro para tomar la temperatura del paciente simulado.	42
Figura 23. Ejemplo de interacción dentro del entorno de Realidad Virtual. La posición de los controladores se representa con una cápsula azul. Los objetos que son señalados por el cursor y pueden ser agarrados, se resaltan con un contorno amarillo.	44

Figura 24. Ejemplo de la realización de dos de las tareas mencionadas; toma de temperatura y pregunta para conocer la edad.....	45
Figura 25. Gráfica de la distribución de las respuestas de los participantes, acerca de su experiencia previa con simuladores.....	46
Figura 26. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la demanda mental percibida por los participantes.	48
Figura 27. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la demanda física percibida por los participantes.....	49
Figura 28. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la demanda temporal percibida por los participantes.	50
Figura 29. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la frustración percibida por los participantes.	51
Figura 30. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la complejidad de las tareas a realizar dentro del simulador.	53
Figura 31. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca del grado de estrés percibido por los participantes.	54
Figura 32. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la distracción percibida dentro del simulador.....	55
Figura 33. Distribución de las respuestas respectivas a la demanda sensorial.	56
Figura 34. Distribución de las respuestas respectivas al control de tareas.	58
Figura 35. Distribución de las respuestas representada en diagrama de cajas, con relación al nivel de inmersión.....	59
Figura 36. Gráfica de la satisfacción final del usuario, donde el 10 significa “totalmente satisfecho” y el 0 indica “totalmente insatisfecho”.	60

Índice de tablas

Tabla 1. Marco de trabajo con recomendaciones para el desarrollo de juegos serios. Traducido de (Wilson et al., 2017).	18
Tabla 2. Estadísticos descriptivos, de los resultados acerca de la experiencia previa de los participantes en el uso de simuladores.....	47
Tabla 3. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la demanda mental.	48
Tabla 4. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la demanda física.	49
Tabla 5. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la demanda temporal.....	51
Tabla 6. Estadísticos descriptivos en la evaluación del nivel de frustración durante el uso del simulador.	52
Tabla 7. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la complejidad de las tareas.....	53
Tabla 8. Estadísticos descriptivos en la evaluación del grado de estrés percibido durante el uso del simulador.	54
Tabla 9. Estadísticos descriptivos en la evaluación del nivel de distracción en el simulador.	56
Tabla 10. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la demanda sensorial.	57
Tabla 11. Estadísticos descriptivos en la evaluación del control de las tareas.	58
Tabla 12. Estadísticos descriptivos en la evaluación del nivel de inmersión percibido dentro del simulador.	59
Tabla 13. Estadísticos descriptivos de las respuestas sobre la satisfacción final del usuario.	60
Tabla 14. Recomendaciones expresadas por parte de los usuarios. Se hicieron correcciones en la redacción.....	61

bandos (Kay, 2019). El éxito de este juego en la instrucción militar fue citado incluso como un factor determinante en la derrota de Francia por parte de Alemania durante la guerra Franco-Prusiana en 1870. Las reglas de este juego, así como sus elementos han sido modificados en el transcurso de los años, con la intención de simular decisiones militares en una forma más parecida a la realidad, y mantenerlo vigente para el reforzamiento de habilidades estratégicas (Invicta, 2019).



Figura 2. Representación de la Batalla de Waterloo en Kriegsspiel. Tomado de (Holland, 2021).

Según (Dörner et al., 2016), un juego es un tipo específico de actividad recreativa, que se compone de un conjunto de reglas a seguir y objetivos a cumplir, que ofrezcan una medida cuantificable del progreso de los jugadores, y de esta forma determinar un ganador. Incluso se utilizan artefactos, como dados, cartas, pelotas, entre otros ejemplos, como complemento del juego; los juegos basados en el uso de artefactos computacionales son llamados *juegos digitales*.

En el caso de los videojuegos, desde 1980 se han reportado esfuerzos que se enfocan a la enseñanza, e incluso se acuñó un término llamado *edutainment*; sin embargo, éstos se concentraron en sus inicios en evaluaciones basadas en pruebas de opción múltiple y convencionales basadas en cuestionarios de preguntas abiertas, que terminaron por ser rígidas y poco atractivas para el estudiante (Adams & Dormans, 2012).

Los juegos serios o *Serious Games* son juegos que van más allá de una aplicación lúdica considerando por ejemplo un propósito educativo. (Michael & Chen, 2006) señalan en su definición, que los juegos serios no poseen el entretenimiento o la diversión dentro de sus principales objetivos; por otro lado (Abt, 1987) considera únicamente a los juegos de mesa como juegos serios. (Dörner et al., 2016) consideran que los *Serious Games* deben ser particularmente digitales, y su propósito no necesariamente es el entretenimiento, sino es cumplir con al menos un propósito adicional, a las que denominan *characterizing goals* o metas características. Por ejemplo, el aprendizaje o el cuidado de la salud. Esta clase de juegos puede ser utilizada para el aprendizaje tanto en adquisición de conocimientos, y habilidades. Incluso se pueden considerar como juegos serios, aquellos cuyo propósito es mejorar el estado anímico del jugador, o motivar a realizar alguna acción, como comprar un producto.

(Wilson et al., 2017) menciona que existe poca documentación sobre metodologías para desarrollar juegos serios, siendo que la mayoría de los estudios se han enfocado más en reportar evaluaciones a estos juegos como medios educativos. Por consiguiente, establecen un marco de trabajo a seguir, descrito en la Tabla 1, como resultado de su investigación documental y la experimentación que reportaron en este artículo.

Tabla 1. Marco de trabajo con recomendaciones para el desarrollo de juegos serios. Traducido de (Wilson et al., 2017).

Recomendaciones para el desarrollo de juegos serios:
Hacer que el juego sea divertido al jugar y fácil de aprender, sin tareas repetitivas o aburridas.
Proveer una variedad de desafíos para mantener el interés del jugador e incentivarlo a jugar de nuevo.
Hacer que el juego sea estéticamente placentero, mediante sonido y gráficos de gran calidad.

Usar distintos canales audiovisuales para mejorar la inmersión; proveer de comentarios a los usuarios sobre cómo jugar y como una forma de ofrecer información importante en el ámbito educativo.

Tener metas y objetivos significativos y claros, que dentro del juego sean respaldados por consejos y realimentación que ayuden al jugador en caso de quedarse estancado o confundido.

Proveer de formas claras en la que los jugadores puedan identificar sus puntajes, estatus, progreso y logros dentro del juego, así como tener condiciones claras para perder o ganar.

Asegurarse que el jugador pueda fácilmente navegar por el mundo y el escenario dentro del juego, y que pueda modificarlo según sus necesidades de ser necesario.

Asegurarse que los controles son apropiados para el juego, personalizable en lo posible y fácil para el jugador de usarlos, y que así tengan una sensación de control sobre el juego.

Poner atención a los problemas de accesibilidad, interfaz de usuario y experiencia de usuario, cuando se diseñan juegos especialmente para jugadores que puedan tener alguna discapacidad.

Si se usar inteligencia artificial, entonces ésta debe ser mejorar funcionalmente el juego y no entorpecerlo.

Informar desde el inicio sobre resultados de aprendizaje para que los jugadores sepan lo que se espera que aprendan en el juego.

Se debe reforzar el aprendizaje proveyendo de comentarios apropiados e información acorde al caso dentro del juego. Además, se debe contar con formas alternativas de comunicar tal información, por ejemplo, videos o animaciones.

1.1 Técnicas de simulación en la Medicina

(Gaba, 2004) establece que “La simulación es una técnica para reemplazar o amplificar experiencias reales con experiencias guiadas, que evocan o replican aspectos sustanciales del mundo real en una forma completamente interactiva”.

Las simulaciones en la ciencia son representaciones de la realidad, dadas por modelos que nos permiten obtener aproximaciones durante la experimentación, para probar una hipótesis. Los resultados obtenidos se contrastan con información obtenida de experimentación real, con los que se va ajustando el modelo, ya que el principal propósito es la precisión.

Por otro lado, las simulaciones en los juegos no se centran de manera estricta en la cercanía con la realidad. Durante el perfeccionamiento del modelo, el parámetro de referencia con mayor peso es el entretenimiento y la inmersión del usuario. Si bien el elemento principal del juego en cuestión puede ser el realismo, no todos los elementos de la realidad son representados a la perfección, pues depende del uso de los recursos computacionales disponibles, sin que se afecte de manera considerable la fluidez en la reproducción del juego. Asimismo, pueden existir elementos cuya fidelidad pase desapercibida para el usuario, ya sea por la distancia o tamaño con respecto a la cámara del jugador, o por el hecho de no formar parte de la intención principal. Incluso puede reducirse el realismo en pro de la jugabilidad.

(Cerón-Apipilhuasco et al., 2020) establecen una clasificación de los simuladores que se utilizan en el área médica, y se desglosan en los siguientes tipos:

1.1.1 Pacientes estandarizados o simulados

El paciente estandarizado o simulado es un método de enseñanza en la medicina, que consiste en la representación física y emocional de una enfermedad, donde un individuo

interpreta el rol de un paciente, quien ha sido especialmente capacitado para esta tarea. Con este método de simulación se pretende entrenar las habilidades emocionales de comunicación e interacción humana, así como la habilidad clínica (Lewis et al., 2017).



Figura 3. Paciente simulado en el Centro de Aprendizaje y Simulación, de la Escuela de Enfermería de la Universidad Duquesne, donde proveen de capacitación a estudiantes de enfermería, en un entorno de simulación, para mejorar la atención y el cuidado a personas con discapacidad. Tomado de (Henry, 2019).

1.1.2 Simuladores de uso específico

Los simuladores de uso específico, también llamados *part task trainers*, son modelos que representan partes o estructuras del cuerpo humano, cuyo propósito educativo es el entrenamiento en habilidades técnicas y procedimientos, por ejemplo, la práctica en la punción venosa o la cateterización. El uso de dispositivos electromecánicos permite la simulación de las propiedades orgánicas en estos modelos, que se presentarían en un cuerpo vivo (Pérez-Pachón et al., 2017).

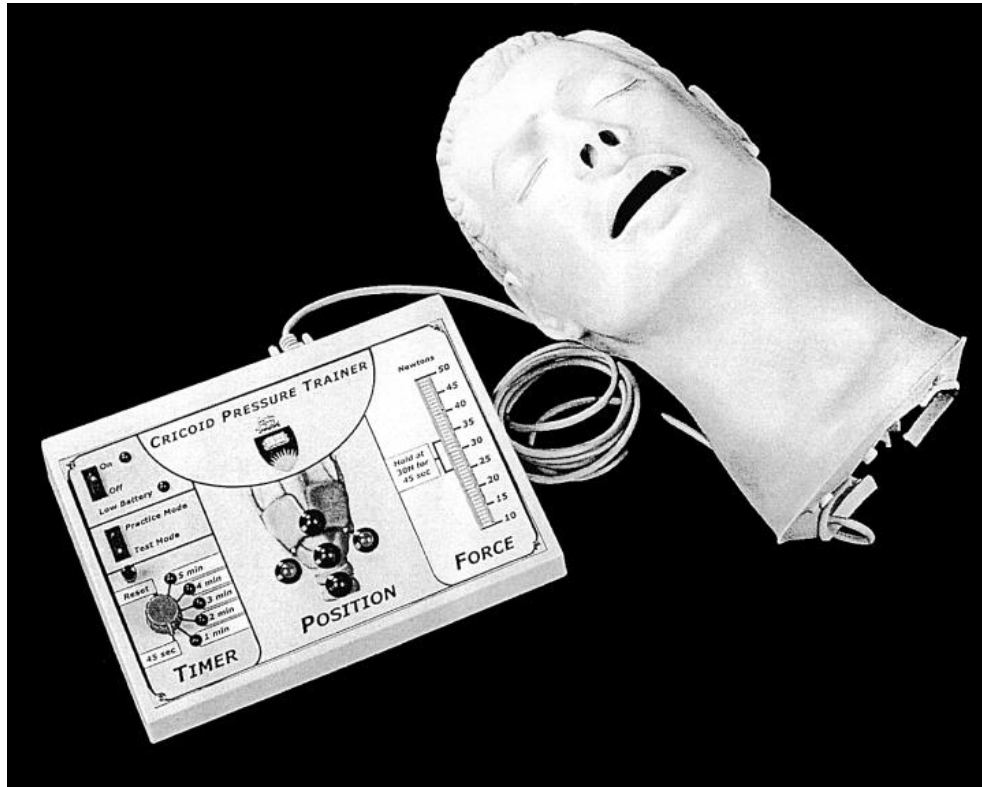


Figura 4. Simulador de uso específico, para la capacitación en la aplicación de presión cricoidea. Se trata de un modelo de la cabeza y el cuello, que cuenta con una laringe, cuyos sensores pueden localizar la fuerza aplicada y medir la misma. Tomado de (Owen et al., 2002).

1.1.3 Simuladores virtuales en pantalla

El entrenamiento y evaluación de los usuarios se realiza mediante herramientas de software, con un despliegue o representación gráfica, que a su vez ofrezca un seguimiento y realimentación acerca de las decisiones tomadas. Esta técnica de simulación se puede apoyar en la gamificación, cuyo propósito es el cambio de perspectiva hacia las actividades repetitivas o tediosas, empleando un enfoque orientado a la obtención de recompensas por dichas acciones (Adams & Dormans, 2012).



Figura 5. Representación virtual de un escenario con un paciente, en el simulador Body Interact. Tomado de (Padilha et al., 2019).

1.1.4 Simuladores de tareas complejas

Mediante el uso de modelos y herramientas computacionales en conjunto, se obtiene una representación tridimensional de un espacio anatómico. Ésta puede ser al mismo tiempo enriquecida con el uso de elemento electromecánicos y dispositivos hápticos, que puedan simular el comportamiento orgánico de los modelos anatómicos, así como la manipulación de instrumental médico (Pérez-Pachón et al., 2017).

En la Figura 6 se muestra una simulación de la evaluación ecográfica en la cavidad uterina que, mediante etiquetas presentes dentro del maniquí, un lector de radiofrecuencia que identifica dichas etiquetas, y el software diseñado para ésta aplicación, se tiene un simulador que muestra en pantalla diversas imágenes que representan un ultrasonido del útero, correspondientes a distintos escenarios hipotéticos de complicaciones obstétricas, como por ejemplo, una hemorragia postparto.



Figura 6. Simulación de la evaluación ecográfica en la cavidad uterina. Este maniquí utiliza etiquetas de radiofrecuencia localizados en distintos puntos dentro del modelo que, al ser detectados mediante el sensor, el software implementado muestra un ultrasonido de un escenario hipotético. Tomado de (Ghi et al., 2020).

1.1.5 Simuladores de paciente completo

Se emplean simuladores con software de alta fidelidad, que permiten la práctica de tareas complejas, y en conjunto con más participantes para el desarrollo de habilidades relacionadas al trabajo en equipo. En la Figura 7 se muestra una simulación que consta de un maniquí de cuerpo completo que, en conjunto con la habitación, representa uno de cuatro escenarios, en donde los estudiantes de medicina junto con oficiales de policía ponen a prueba sus habilidades de revisión forense para esclarecer las causas del deceso (Flössel et al., 2021).



*Figura 7. Modelo de paciente completo para el entrenamiento en procedimientos post-mortem.
Tomado de (Flössel et al., 2021).*

1.1.6 Modelos de alta y baja fidelidad

Los modelos de alta y baja fidelidad nos permiten simular situaciones prácticas que se buscan enseñar y evaluar en la medicina, y cuya fidelidad se define según la cercanía del modelo a la situación real (Lee et al., 2008).

1.2 Serious Games en la medicina

Existen Juegos Serios dentro de la Medicina, que no son exclusivos del ámbito educativo. *SnowWorld* es un videojuego de realidad virtual, cuyo usuario objetivo son las víctimas de quemaduras graves, pues la intención de este juego es la inmersión del paciente en un entorno. Se observó en pruebas realizadas con pacientes que probaron este juego, que la actividad cerebral asociada a la percepción del dolor se redujo hasta en un 50%. En otras palabras, se concluyó que los pacientes se encontraban inmersos en *SnowWorld*, pues parte de su atención se aislaba de la percepción del mundo real, con la concentración fija en este entorno simulado (Maani et al., 2011).



Figura 8. Escenario llamado SnowCanyon del videojuego serio SnowWorld, cuyo propósito es investigar la percepción del dolor en pacientes que han sufrido quemaduras. Tomado de (Maani et al., 2011).

1.3 Simulación virtual para historial clínico

Al momento de tomar el historial clínico de un paciente, se realizan preguntas de forma sistemática, con la finalidad de obtener información del paciente que lleve a identificar las molestias del paciente, posibles causas, antecedentes o factores de riesgo relacionados con el problema en cuestión, y se realiza en el siguiente formato (Peart, 2022):

1.3.1 Síntomas

Se obtiene información del paciente sobre la razón por la que requiere de asistencia médica, en sus propias palabras.

1.3.2 Historia de los síntomas

Se obtienen datos más específicos sobre las molestias que aquejan al paciente, mediante preguntas que revelen más información relacionada a la localización del dolor, la intensidad de las molestias y cómo esto afecta sus actividades, cualquier aspecto que reduzca o empeore la sensación de dolor, así como alguna acción que el paciente haya tomado para reducir los síntomas, por ejemplo, tomar analgésicos.

1.3.3 Antecedentes médicos

Los antecedentes médicos se obtienen mediante preguntas indirectas que ayuden a construir de forma progresiva estos datos, ya que es posible que el paciente omita información si únicamente se le pregunta por sus antecedentes de forma directa. Tales preguntas buscan datos como cirugías en el pasado que hayan modificado la estructura orgánica con la que nació el paciente, diagnósticos de diabetes, hipertensión o si ha sufrido un infarto.

1.3.4 Medicación y alergias

Se obtiene una lista de los medicamentos con las dosis prescritas del paciente, que el mismo puede dar por su nombre genérico, la marca o el nombre del propietario. De igual forma es necesario saber si toma otros remedios de mostrador como vitaminas o productos homeopáticos, puesto que pueden estar contraindicados o tener efectos secundarios. Asimismo, es importante saber si existe un consumo y abuso de sustancias ilícitas, y que al momento de preguntar se haga sin ningún afán de juzgar.

Al preguntar al paciente sobre sus alergias se deben saber los efectos que experimentó debido a la sustancia ingerida, y a su vez conocer los efectos secundarios comunes, para distinguirlos de una alergia real, dado que el paciente puede no saberlo.

1.3.5 Historial familiar

El historial médico familiar tiene distinta relevancia dependiendo del caso a tratar, y principalmente se buscan antecedentes sobre enfermedades genéticas o hereditarias, como el cáncer.

1.3.6 Historial social

El historial social es la documentación sobre el estilo de vida del paciente, que resultan relevantes al momento de identificar causas en el entorno del malestar que se aqueja al paciente. En esta sección se obtienen datos sobre el consumo de alcohol o tabaco del paciente y sus hábitos, también su relación con su familia y círculo social, ocupación e información de sus últimos viajes, de ser relevante.

1.3.7 Ideas, preocupaciones y expectativas

El paciente puede tener ideas dadas por experiencias previas, con las que éste mencionará un tratamiento que le ha servido en el pasado o las acciones que normalmente esperaría tener que realizar después, por ejemplo, algún estudio de sangre o toma radiografías. Dentro de esta etapa se puede educar al paciente en algún concepto o procedimiento que haya sido malinterpretado. También se alivian las preocupaciones del entrevistado, en caso de que éste llegara a pensar que tiene una enfermedad grave sin recibir un diagnóstico aún.

1.3.8 Consolidación

Se reúne la información recabada de forma cronológica, se corrobora que no haga falta información por preguntar y se confirma con el paciente que sus dudas se hayan atendido. Posteriormente se puede realizar una inspección física en la parte del cuerpo que esté relacionada a los síntomas, y determinar exámenes clínicos que puedan ser necesarios para considerar nuevos diagnósticos.

(Nardone et al., 1987) realizó una prueba con estudiantes del primer año de Medicina, cuyo experimento consistió en el uso de un sistema llamado TAKEHX (Take-a-History). Este sistema consistía en un software que mediante una terminal se le introducían preguntas por parte de los aprendices, quienes tomaban el rol del médico, y cuyo puntaje dependía de las respuestas solicitadas mediante una serie de preguntas, de acuerdo con los problemas de salud que expresaba el paciente virtual. Los puntajes obtenidos se clasificaron en tres categorías:

1. Listado de síntomas: Identificación del síntoma principal que aqueja al paciente y otras molestias.

2. Caracterización de síntomas: Obtención de información que describa al problema, mediante preguntas abiertas, de acuerdo con la cronología de los síntomas, y sobre factores que pudieron apresurar, aliviar o agravar el problema en cuestión.
3. Análisis de los síntomas: Confirmación de las causas de los síntomas al realizar las preguntas directas, inferidas mediante hipótesis establecidas en las dos primeras categorías.

El estudio definió dos grupos, uno experimental y uno de control, en donde el primero recibió una retroalimentación acerca de su desempeño en el simulador y cada una de las categorías anteriores, mediante un listado de la información que se debió preguntar al paciente simulado, y una etiqueta con las leyendas “obtenido” o “no obtenido”.

Después de realizar el experimento, observaron una mejora significativa en el desempeño para ambos grupos, en las 3 categorías mencionadas después de haber realizado el primer caso de estudio. Sin embargo, el grupo experimental, que recibió retroalimentación, demostró mejor desempeño en la caracterización de síntomas.

Dentro de las conclusiones citadas en este artículo, se recomienda el uso de TAKEHX como una herramienta introductoria en la enseñanza para la toma del historial clínico, y su uso permitiría a los estudiantes el poder practicar por su cuenta, sin requerir la presencia de pacientes reales.

Capítulo 2. Materiales y métodos

2.1 Arquitectura del sistema

Se desarrolló una plataforma que permite simular un entorno virtual para la toma de la Historia Clínica, mediante un navegador web o un dispositivo de realidad virtual. Este sistema también cuenta con un módulo para la creación de niveles, accesible desde un navegador por parte de los profesores autorizados para realizar esta tarea.

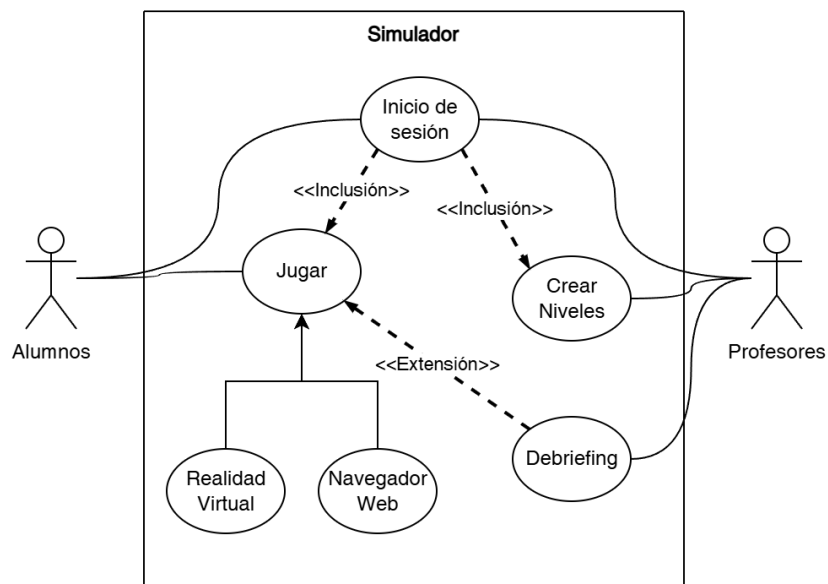


Figura 9. Diagrama de casos de uso del simulador.

Este proyecto posee dos elementos principales, que son el juego serio, donde se podrá realizar la toma de la historia clínica con un paciente y un entorno simulado, y un creador de niveles, que permite agregar nuevos escenarios, con información y tareas diferentes.

El juego serio permite la interacción con el entorno virtual que se ha creado, mediante el movimiento dentro del escenario simulado. También se puede entrevistar a un avatar o representación de un paciente, que utiliza reconocimiento de lenguaje natural para identificar el tópico que se ha preguntado. Asimismo, se pueden utilizar instrumentos médicos, como el estetoscopio o el baumanómetro, para tomar los signos vitales del paciente y auscultarlo.

2.1.1 Plataforma Web

El entorno virtual es accesible tanto en una versión montada en un dispositivo de realidad virtual, como en una versión jugable en página web. Sin embargo, la función principal de esta plataforma es la gestión de la información relacionada a los perfiles y niveles del simulador, dentro de una interfaz amigable con los usuarios.

Dentro del sistema se tiene una conexión con una base de datos SQL, para tener principalmente un registro de usuarios, así como la edición de parámetros correspondientes al entorno virtual, cuyo propósito es la creación o la edición de niveles, por parte de los usuarios o profesores asignados para ello. Los casos de uso de este sistema se representan en la Figura 10.

El juego serio interactúa con el servidor que aloja la página web mediante solicitudes a una interfaz de programa de aplicación (*Application Programming Interface*, API) empleando transferencia de estado representacional (*Representational State Transfer*, REST), que son un conjunto de protocolos para la interacción e intercambio de información entre dos aplicaciones, en una comunicación establecida por un consumidor que realiza la solicitud, y el servidor que da una respuesta. De esta forma, la aplicación obtiene la información guardada en la base de datos, para ser representada dentro del juego, en los valores que se mostrarán como las respuestas en el interrogatorio, o como los datos numéricos que se obtienen en la toma de signos vitales.

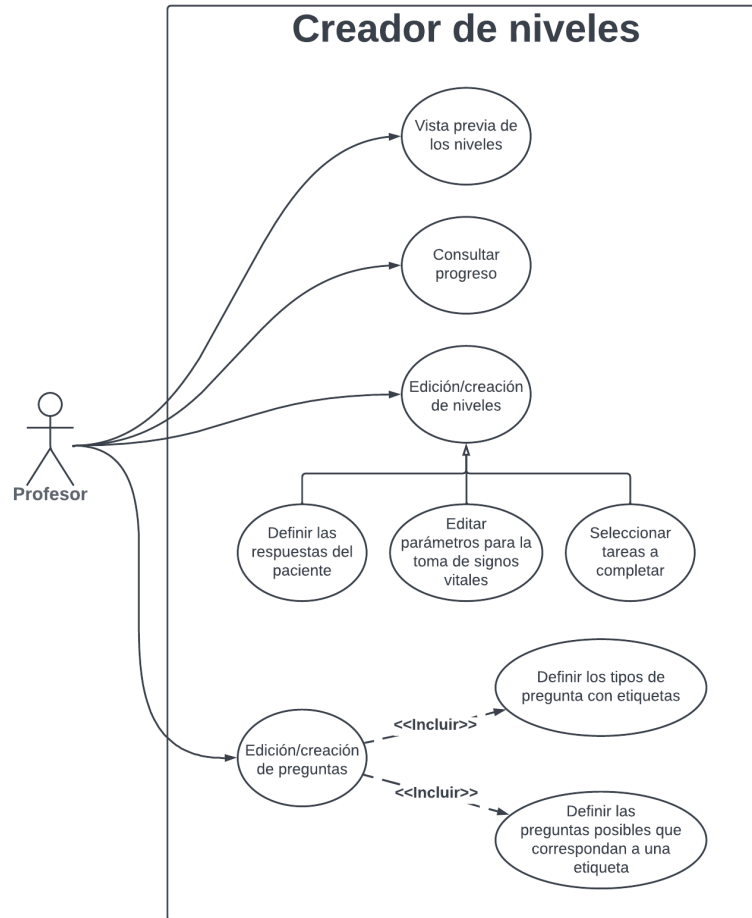


Figura 10. Diagrama de casos de uso del creador de niveles.

En la creación y personalización de niveles, las respuestas que mostrará el paciente, así como los valores numéricos a medir, se encuentran asociados a una etiqueta para identificar su respectivo parámetro. Para el caso de la entrevista, una pregunta abierta redactada por voz se transcribirá a texto y posteriormente enviada a la API Wit, que nos devolverá la etiqueta que más se relacione según el entrenamiento previo del algoritmo. Esta información del paciente tiene valores por defecto que se han definido dentro de la aplicación durante su desarrollo, y son reescritos cada vez que se realiza la solicitud al servidor. Durante la prueba del simulador se trabajaron con estos valores por defecto.

2.1.2 Integración de la API Wit

Wit.ai es una API enfocada al reconocimiento de lenguaje natural, cuyo desarrollador es la empresa Meta. Esta API puede extraer de una entrada de texto, tanto el tópico al que se refiere el contenido, como valores numéricos o lógicos contenidos en el mismo. Para su configuración, se deben definir dichos tópicos que se buscan obtener, en forma de etiquetas. Posteriormente se requiere un entrenamiento del algoritmo de lenguaje natural, en donde le proporcionaremos ejemplos de oraciones que corresponderían a la etiqueta que buscamos obtener. Finalmente, al momento de hacer solicitudes de reconocimiento de alguna entrada de texto, la API nos devolverá como respuesta una lista las posibles coincidencias en las etiquetas, con su respectiva probabilidad.

Las consultas realizadas a la API Wit, para el reconocimiento de lenguaje natural en una entrada de texto, así como el entrenamiento del algoritmo, requieren de una clave de acceso específico. En el caso de las solicitudes enviadas para el entrenamiento y definición de las etiquetas, se requiere un acceso de mayor nivel, dado que implica un proceso de escritura de información. Por consiguiente, estas solicitudes se realizan mediante el servidor web, para que los profesores y usuarios designados a la creación de niveles tengan el permiso para definir tópicos y entrenarlos. Dicho proceso se ejemplifica en la Figura 11.

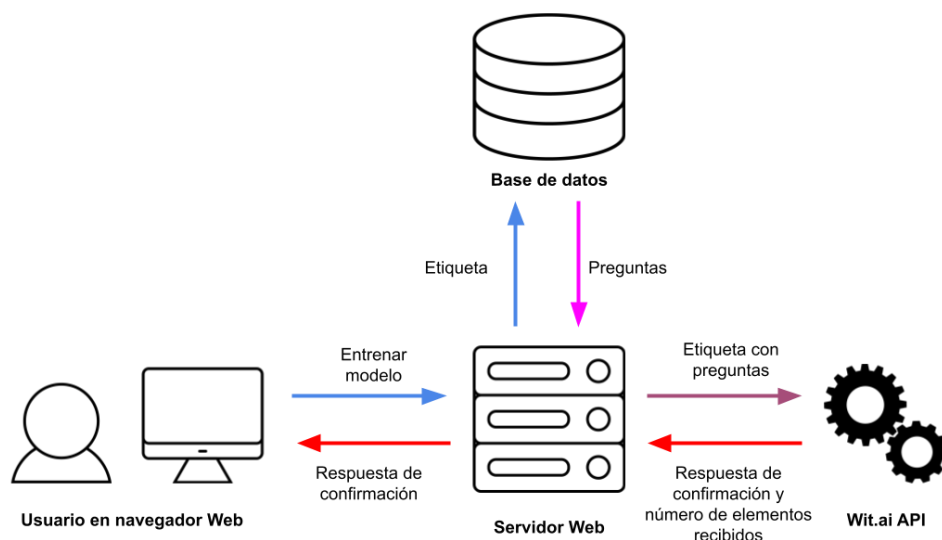


Figura 11. Flujo de información durante el entrenamiento del modelo de lenguaje natural, utilizando la API Wit.

2.2 Modelado 3D

El diseño del entorno virtual, así como los instrumentos, se realizó en *Blender*, que es un software de código abierto gratuito, para la creación y edición de modelos 3D, en términos de geometría, texturas, animación, entre otros. En la Figura 10 se muestra una captura de pantalla del escenario virtual en su vista como objetos sólidos.

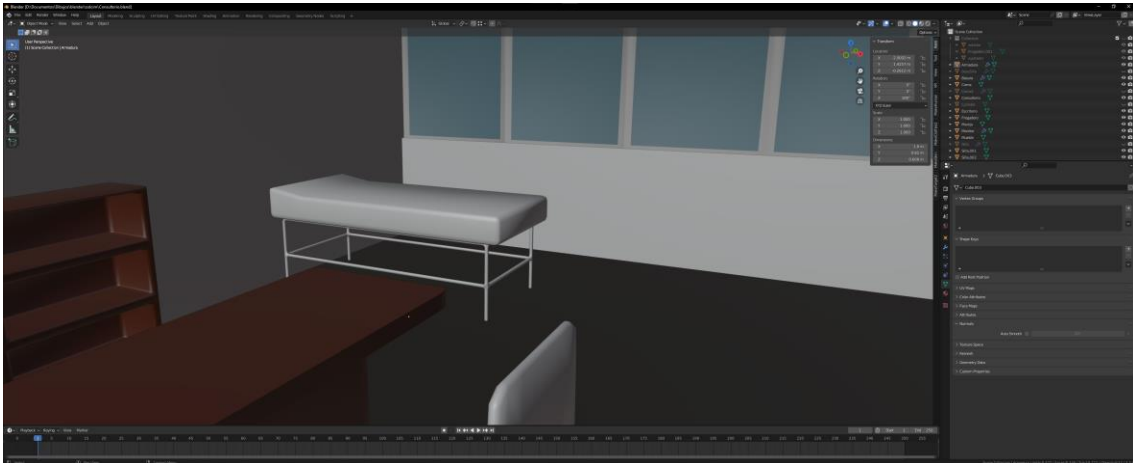


Figura 12. Captura de pantalla del software Blender. En la escena mostrada en la pantalla de edición, se encuentran los elementos que se modelaron para el escenario, el cual simula un consultorio real.

Asimismo, los instrumentos para la toma de los signos vitales fueron diseñados dentro del mismo software, con los componentes separados como se muestran en la Figura 13, esto es, que ninguno utilizó las conexiones de mangueras que se presentan en instrumentos reales, con el fin de evitar el uso de simulaciones de cables. Los dígitos para las carátulas, donde se muestran las mediciones, se implementaron al integrar los modelos dentro del motor de videojuegos.

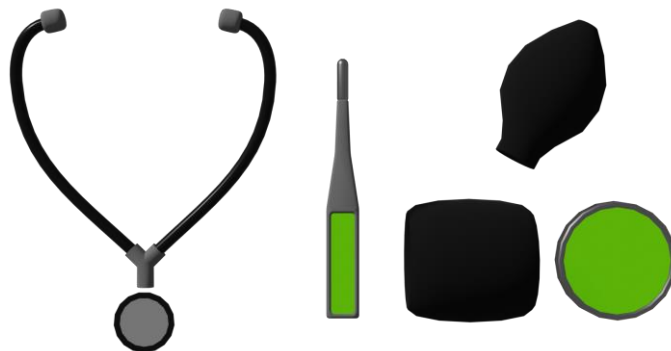


Figura 13. Instrumentos para la toma de signos vitales, diseñados en Blender. Se muestra un termómetro digital en el centro, un estetoscopio a la izquierda y un baumanómetro a la derecha. Para estos dos últimos objetos, sus componentes se encuentran como objetos separados.

Se utilizó MakeHuman, que es un software para modelar cuerpos humanos de ambos sexos, mediante el uso de plantillas base y la edición paramétrica en su interfaz gráfica (Briceno & Paul, 2019), utilizando controles deslizadores que cambian la geometría del modelo, para obtener la representación virtual de un paciente.

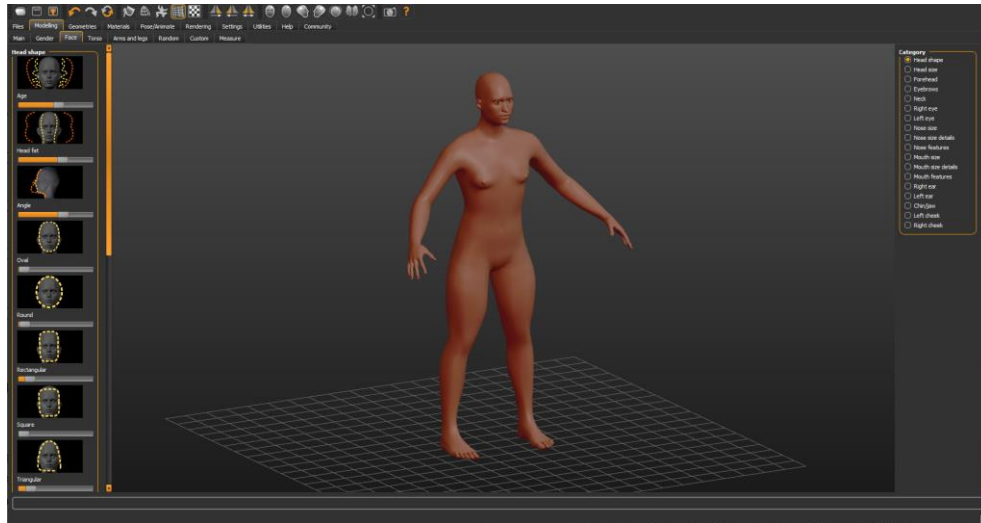


Figura 14. Captura de pantalla del software MakeHuman. En el editor se muestra un modelo del cuerpo humano, que se puede modificar mediante el uso de los controles deslizantes, presentes en el lado izquierdo de la ventana.

2.3 Despliegue gráfico

2.3.1 Motor de videojuegos

El motor de videojuegos provee de un entorno de desarrollo base para la integración de elementos gráficos y renderizado, acceso a archivos en el sistema, dispositivos de entrada para la interacción (por ejemplo, controles de videojuegos, teclado y mouse) y el seguimiento de estados dentro del juego (Freiknecht et al., 2016). Si bien no hay una arquitectura de software específica para motores de videojuegos, dada la gran variedad de requerimientos que pueden existir según los casos de desarrollo, se pueden diferenciar en motores estáticos y dinámicos, donde la primer categoría comprende arquitecturas destinadas para un cierto género de videojuegos, y en la segunda, el software está diseñado para ser reutilizado en diversos proyectos, independientemente del género, e incluso se pone a disposición de otros desarrolladores y así no tengan que programar su propio motor de videojuegos.

Para el desarrollo de este simulador se optó por la implementación del motor de videojuegos *Unity*, dado el conocimiento previo adquirido en las materias optativas “Temas Selectos de Graficación” y “Temas Selectos de Mecatrónica”.

2.4 Interacción

La interacción dentro de esta simulación, y en específico, para este caso que se estudió con el uso de Realidad Virtual, se utilizaron los visores Oculus Quest 2 de la empresa Meta.

La tecnología que integran los visores de Realidad Virtual (*Virtual Reality*, VR) Oculus Quest de la empresa Meta se basa en sistemas de visión computacional (*computer vision*, CV) y de localización y mapeo simultáneo visual-inercial (*visual-inertial simultaneous localization and mapping*, SLAM). Este sistema, al cual han llamado Oculus Insight, consiste en el seguimiento continuo de la posición del visor y los controladores en tiempo real, para garantizar la inmersividad dentro del ambiente virtual (Hesch et al., 2019).

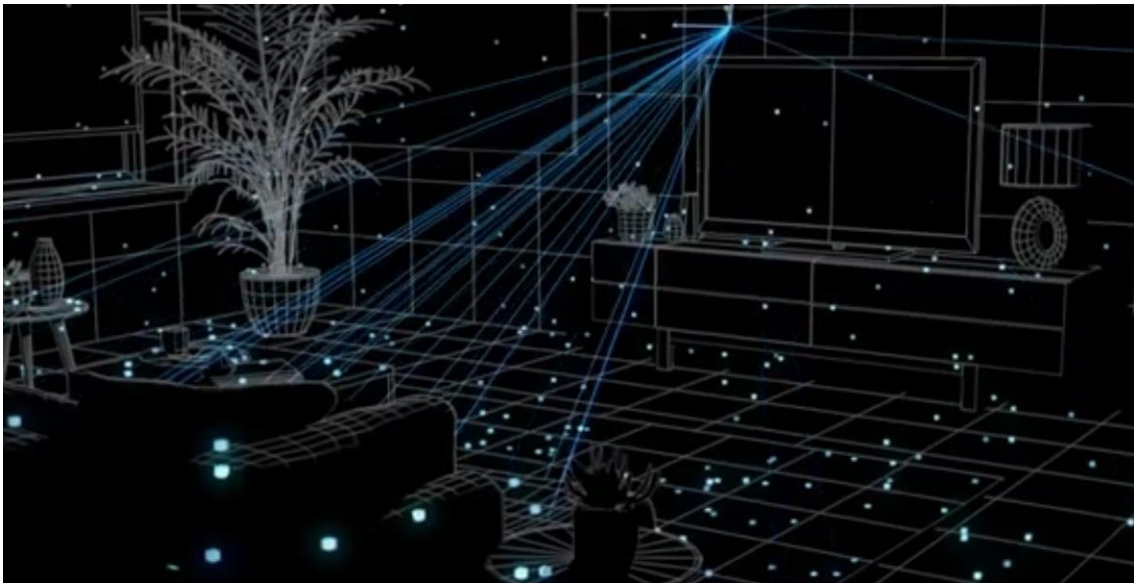


Figura 15. Representación gráfica de la reconstrucción geométrica que realiza Oculus Insight, utilizando sus 4 cámaras infrarrojas y su sistema de visión computacional. Tomado de (Hesch et al., 2019).

Oculus Insight genera un mapa 3D mediante la reconstrucción de la geometría que observa en la habitación, y es procesada con algoritmos de visión computacional que se encargan de buscar píxeles con alto contraste, de las imágenes capturadas por sus 4 cámaras infrarrojas, de tal manera que puede encontrar patrones en el suelo y localizar esquinas y bordes de objetos presentes en el entorno. Además, el visor de realidad virtual y sus

controladores poseen sensores de unidad de medida inercial (Inertial Measurement Unit, IMU) con 6 grados de libertad, reportando valores de aceleración lineal y angular en los 3 ejes espaciales, cuya integración de valores permiten el seguimiento de la posición y la orientación de estos instrumentos. Si bien el error de medición se acumula en cada iteración, estos registros se comparan y se compensan con la información generada por las cámaras infrarrojas, que a su vez detectan la presencia de los controles por sus luces LED que cada uno tiene integrado.

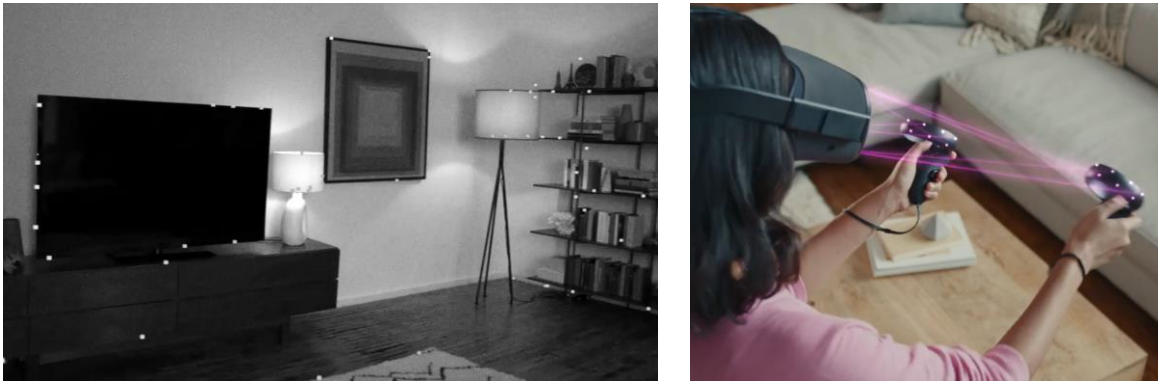


Figura 16. Detección de bordes mediante cambios de contraste en la cámara infrarroja y seguimiento de los controles. Tomado de (Hesch et al., 2019).

El algoritmo de Oculus Insight predice también los posibles movimientos que vaya a realizar el usuario, ya sea de sus manos o de su cabeza, de tal forma que la imagen mostrada dentro del visor tenga transiciones más suaves, evitando el efecto de *jittering* o retardo en las imágenes; esta predicción a su vez realiza el seguimiento con una precisión en unidades más pequeñas a un milímetro. Esta tecnología ofrece una mayor comodidad e inmersión dentro de sus ventajas, así como la disminución de la discrepancia entre los movimientos reales y los que se muestran en el entorno virtual.

Se utilizaron los controles del Oculus Quest 2 como entradas para interactuar con los instrumentos del simulador, desplazarse dentro del entorno virtual, así como para realizar preguntas al paciente simulado. El desplazamiento dentro de forma física también se representa en el entorno como un método de entrada de movimiento.

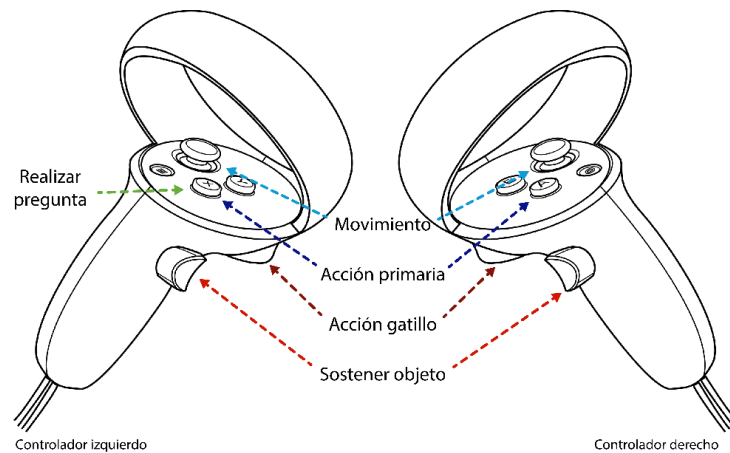


Figura 17. Asignación de acciones en los controladores del Oculus Quest 2. Las acciones presentes en ambos controladores indican que tendrán efecto en el objeto tomado con la mano del lado respectivo.

La interacción con los instrumentos requiere en un inicio, que sean tomados con las manos, en este caso los controladores, como si se tomara un objeto en la vida real. Las manos se encuentran representadas por cápsulas azules, que resaltan un objeto en amarillo al apuntarle, indicando que éste se puede tomar y al momento de realizar tal acción, dicho objeto será atraído a la mano del jugador.

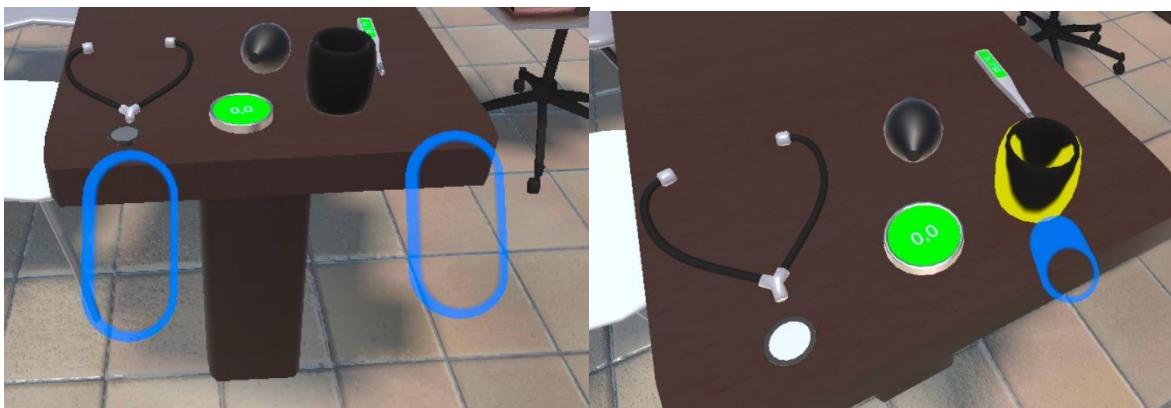


Figura 18. Las cápsulas azules representan la posición y orientación de las manos, dentro del ambiente virtual. Al apuntar a un instrumento que se pueda tomar, éste se resaltaré en color amarillo.

2.4.1 Ruidos cardiacos y pulmonares

Dentro del entorno virtual se encuentra un estetoscopio que permite al usuario escuchar los ruidos cardiacos y pulmonares. Al sujetar la campana del estetoscopio cerca del cuerpo del paciente, el instrumento se pega a la piel y es posible soltarlo sin que el mismo se caiga, permitiendo realizar alguna otra medición que requiera tener otros instrumentos en la mano.

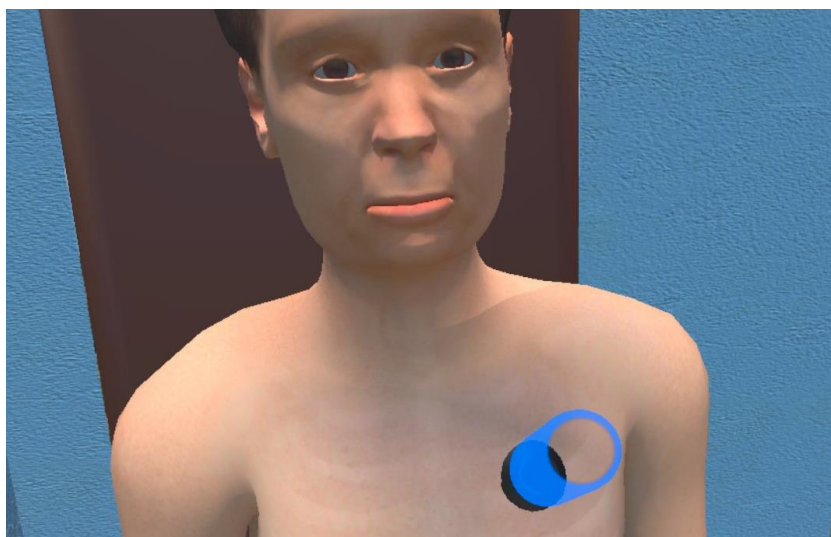


Figura 19. Uso del estetoscopio en la auscultación del paciente.

La implementación de ruidos cardiacos y pulmonares consiste en elementos de colisión o *Colliders*, que detectan interacciones de contacto o superposición entre ellos para activar eventos programados, que pueden ser localizados en el espacio, y en este caso particular se han colocado en el torso del paciente, según los puntos de auscultación que se toman en la inspección clínica. Se utilizaron pistas de audio que simulan los ruidos a estudiar, y se programaron de tal forma que se reproducen en bucle al momento de entrar en su respectiva región de colisión y que incrementa el volumen cuanto más se acerca el estetoscopio al centro.

2.4.2 Toma de presión arterial y ruidos de Korotkoff

Para la toma de la presión arterial se encuentra un baumanómetro, compuesto de tres objetos separados que pueden ser tomados, lo cuales son: la carátula, que muestra la medida de presión; el brazalete, que se coloca en el brazo del paciente y se ajustará de forma automática al acercarse al lugar correcto, con la posibilidad de ajustarse a distintas alturas; y la pera, que insufla el brazalete.

Para escuchar los ruidos de Korotkoff, se debe colocar la campana del estetoscopio en otro collider localizado en el antebrazo, y que tiene una funcionalidad similar a la implementación de ruidos cardiacos y pulmonares. En este caso, la representación de audio está sujeta a la colocación correcta del brazalete, así como su presión interna como condiciones adicionales.

Al acercar el brazalete al brazo del paciente, un elemento *Raycast* detecta objetos de tipo *collider* desde un punto y en una dirección dados, así como un límite de distancia y/o grupos configurados como discriminantes, también llamados *layers*. De esta forma colocamos un collider en forma de cápsula y alineado al eje del brazo, para que el elemento *raycast* acceda a la transformación del objeto que lo contiene, y al mismo tiempo se obtiene la posición donde el rayo tocó la superficie de dicha cápsula. Al final se calcula una proyección de ese punto sobre el eje del brazo (que se obtuvo a través de su transformación), y el resultado es el centro del brazalete.

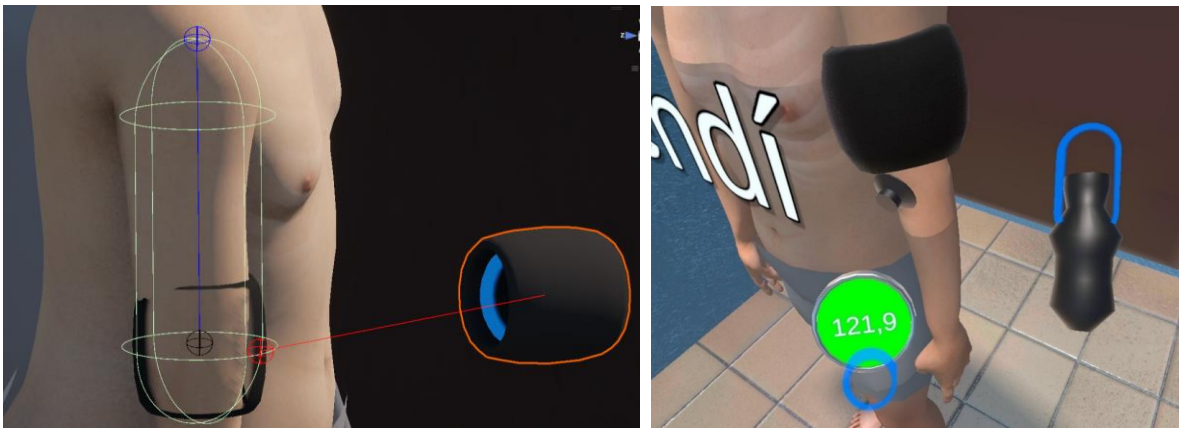


Figura 20. Colocación del baumanómetro para la toma de la presión sanguínea. La línea roja representa el Raycast y el punto donde toca el collider, cuyo origen y eje se representan en azul. La proyección resultante se muestra en color negro.

Una vez puesto, el brazalete se puede insuflar mediante una bomba accionada mientras se sujeta y con la acción del gatillo, como se señala en la Fig. 17, y tal acción se muestra gráficamente con la contracción de la bomba y expansión del brazalete, así como la reproducción de su respectivo sonido. La presión dentro del brazalete también se muestra de forma numérica en la carátula.

Cuando el valor de presión en el baumanómetro llega a la presión sistólica del paciente, y con la campana del estetoscopio en la posición correcta en el antebrazo, los ruidos de

Korotkoff comenzarán a reproducirse. Finalmente, al desinflar el brazalete con el botón de acción primaria, señalado en la Fig. 17, se llegará a la presión diastólica y por consecuencia se detendrá la pista de audio.

2.4.3 Entrevista al paciente

Para la realización del cuestionario al paciente, se pueden realizar preguntas gracias al sistema de reconocimiento de voz implementado en el simulador. Dentro de esta versión del simulador, únicamente se cuenta con las preguntas que responden a la ficha de identificación. Para cualquier otro tipo de pregunta u oración se obtendrá la respuesta “No entendí”.

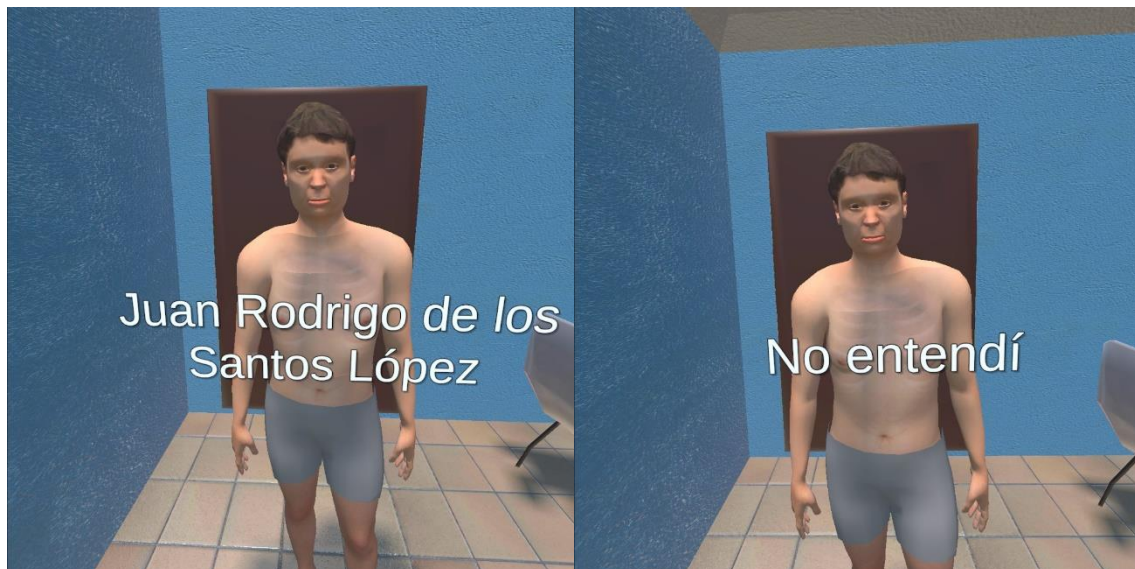


Figura 21. Paciente respondiendo a una pregunta relacionada a su nombre, y después respondiendo a cualquier otra oración que no se relacione a la ficha de identificación. Estas preguntas se pueden realizar con la voz misma del jugador, gracias al micrófono integrado al visor, y la implementación del sistema de reconocimiento de voz y lenguaje natural.

2.4.4 Toma de temperatura

Por último, el termómetro se puede colocar en las axilas y éste se ajustará de la misma forma que lo hace el brazalete del baumanómetro, pero quedando fijo en la posición correcta, una vez que el instrumento se haya colocado cerca de alguna de las dos axilas del personaje. Una vez en posición, la lectura del termómetro empezará a cambiar hasta tomar el valor de temperatura del paciente simulado, y al ser retirado volverá a la temperatura ambiente de forma gradual.

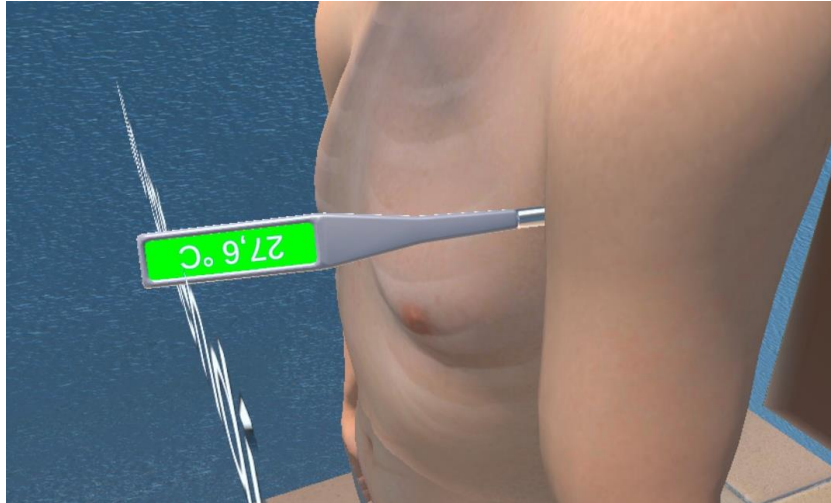


Figura 22. Uso del termómetro para tomar la temperatura del paciente simulado.

Capítulo 3. Pruebas experimentales

3.1 Objetivos de estudio

- La percepción subjetiva de los estudiantes de 1er año de la Facultad de Medicina, sobre los conocimientos adquiridos, con el uso del *Serious Game* de Expediente Clínico.
- La percepción subjetiva de los profesores de la Facultad de Medicina, sobre la facilidad de uso del *Serious Game*, con relación a la impartición de clases.
- La opinión de los profesores de la Facultad de Medicina, acerca de la facilidad y efectividad en la creación y personalización de nuevos niveles para el *Serious Game*.

3.2 Participantes

Esta prueba se realizó con 21 participantes, de los cuales 6 fueron profesores con nivel académico de posgrado, y 15 estudiantes de Medicina de la carrera de Médico Cirujano. La edad promedio de los participantes fue de entre 26 y 27 años.

3.3 Condiciones experimentales

Se utilizó un espacio despejado de 3x5 metros, que permitiera el libre desplazamiento dentro del simulador. Esta área de trabajo se configuró en el software de Realidad Virtual con una distancia de 30 centímetros con respecto a la pared y los extremos, para mostrar los límites en el visor antes de chocar con un obstáculo. Sin embargo, se le dio seguimiento a cada usuario durante la prueba para evitar cualquier accidente y ayudar a retirarse el equipo al finalizar.

Los participantes realizaron la prueba estando de pie, aunque se ofreció también la posibilidad de estar sentados.

3.4 Protocolo de validación

3.4.1 Fase 1 - Familiarización

Se realizará la prueba del software con dispositivos de Realidad Virtual, en donde los usuarios probarán los controles, interactuarán y navegarán en el entorno, con la finalidad de familiarizarse con el comportamiento de la simulación. Duración estimada de 5 minutos.



Figura 23. Ejemplo de interacción dentro del entorno de Realidad Virtual. La posición de los controladores se representa con una cápsula azul. Los objetos que son señalados por el cursor y pueden ser agarrados, se resaltan con un contorno amarillo.

3.4.2 Fase 2 - Brief

Se dará realimentación a los participantes mientras siguen experimentando con la simulación, explicando el funcionamiento de los controles, las interacciones y los flujos de trabajo, para completar las acciones que se evaluarán en la siguiente fase. También se responderán todas las dudas que se hayan generado en la primera fase. Duración estimada de 5 minutos.

3.4.3 Fase 3 - Experimento

En esta fase, los participantes utilizarán el software por su cuenta, sin ninguna ayuda adicional durante el proceso, y completarán las tareas que se mencionan a continuación:

1. Realizar preguntas para obtener la ficha de identificación de la historia clínica.

- a. Nombre
 - b. Edad
 - c. Fecha de nacimiento
 - d. Lugar de nacimiento
 - e. Domicilio
 - f. Número de teléfono
 - g. Religión
 - h. Estado civil
 - i. Último grado de estudios
 - j. Profesión
2. Toma de signos vitales
 - a. Frecuencia respiratoria
 - b. Temperatura
 - c. Presión arterial
 3. Auscultación del tórax

Duración estimada de 10 minutos.



Figura 24. Ejemplo de la realización de dos de las tareas mencionadas; toma de temperatura y pregunta para conocer la edad.

3.4.4 Fase 4 – Cuestionario de satisfacción

Los participantes responderán el siguiente cuestionario, acerca de su experiencia a lo largo de las tres fases anteriores:

Tiempo aproximado de 10 minutos.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Experiencia previa

Los participantes expresaron su nivel de experiencia en el uso de simuladores, contestando las tres primeras preguntas de la encuesta. El nivel de experiencia utilizando simuladores en Medicina (Pacientes virtuales, maniqués, simuladores virtuales en pantalla) tuvo una media de 4.05 en una escala de 1 a 5; el nivel de Experiencia utilizando simuladores virtuales en pantalla tuvo una media de 3.71 en una escala de 1 a 5; el nivel de Experiencia utilizando Realidad Virtual tuvo una media de 3.33 en una escala de 1 a 5. Esto nos habla que en su mayoría hay una experiencia previa con ambientes virtuales convencionales y regular experiencia en el conocimiento de la realidad virtual.

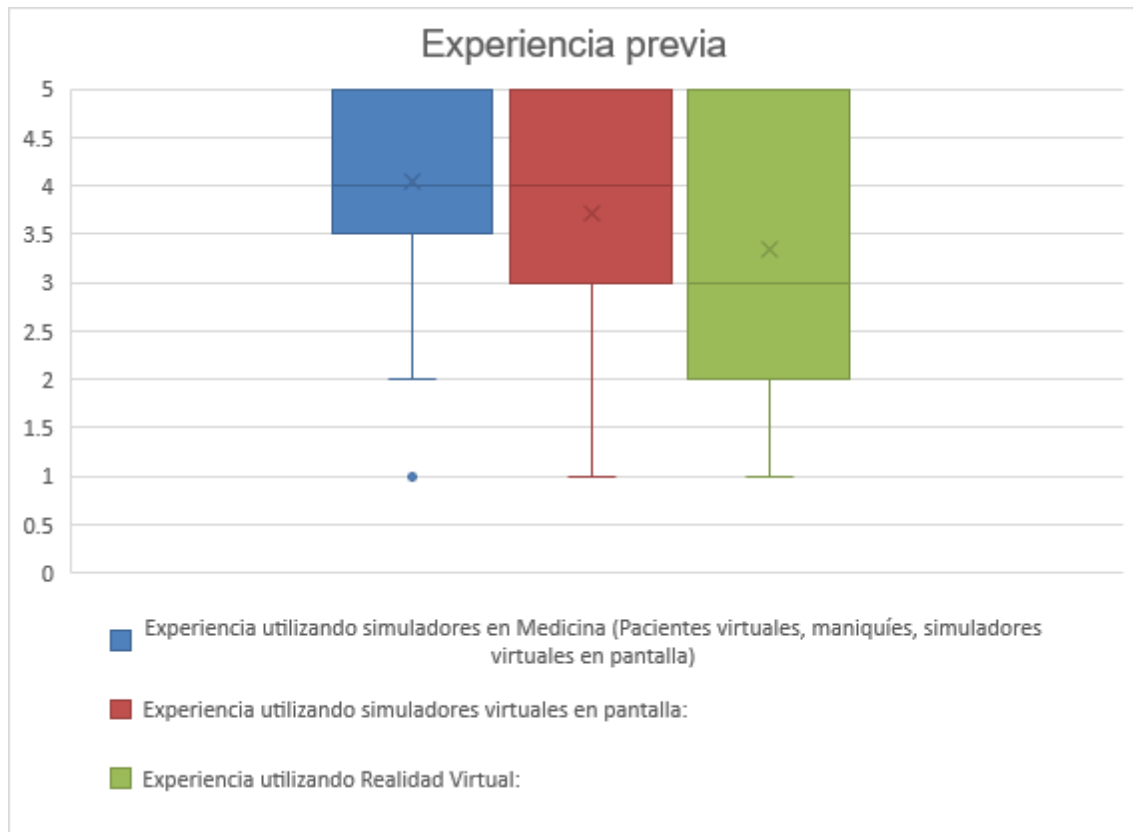


Figura 25. Gráfica de la distribución de las respuestas de los participantes, acerca de su experiencia previa con simuladores.

Las respuestas acerca de la experiencia previa utilizando simuladores en Medicina tienen menor dispersión en comparación con los resultados de las otras dos preguntas, como se muestra en la Figura 25.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos, de los resultados acerca de la experiencia previa de los participantes en el uso de simuladores.

	Experiencia utilizando simuladores en Medicina (Pacientes virtuales, maniqués, simuladores virtuales en pantalla)	Experiencia utilizando simuladores virtuales en pantalla:	Experiencia utilizando Realidad Virtual:
Media	4.05	3.71	3.33
Error típico	0.24	0.29	0.32
Mediana	4.00	4.00	3.00
Moda	5.00	5.00	5.00
Desviación estándar	1.12	1.35	1.46
Varianza de la muestra	1.25	1.81	2.13
Curtosis	1.48	-0.46	-1.24
Coficiente de asimetría	-1.29	-0.78	-0.22
Rango	4.00	4.00	4.00
Mínimo	1.00	1.00	1.00
Máximo	5.00	5.00	5.00
Suma	85.00	78.00	70.00
Cuenta	21.00	21.00	21.00

4.2 Demanda mental

El primer rubro que se evaluó fue la demanda mental, para conocer la percepción de los participantes hacer del esfuerzo cognitivo necesario para completar las tareas asignadas. Las respuestas a la afirmación “La aplicación requiere la menor cantidad de pasos posibles para completar la tarea deseada” tuvieron una media de 8.19 en una escala de 0 a 10, con 2 valores atípicos. Las respuestas que calificaron al simulador como una aplicación placentera tuvieron una media de 9.67 en una escala de 0 a 10, con 3 valores atípicos.

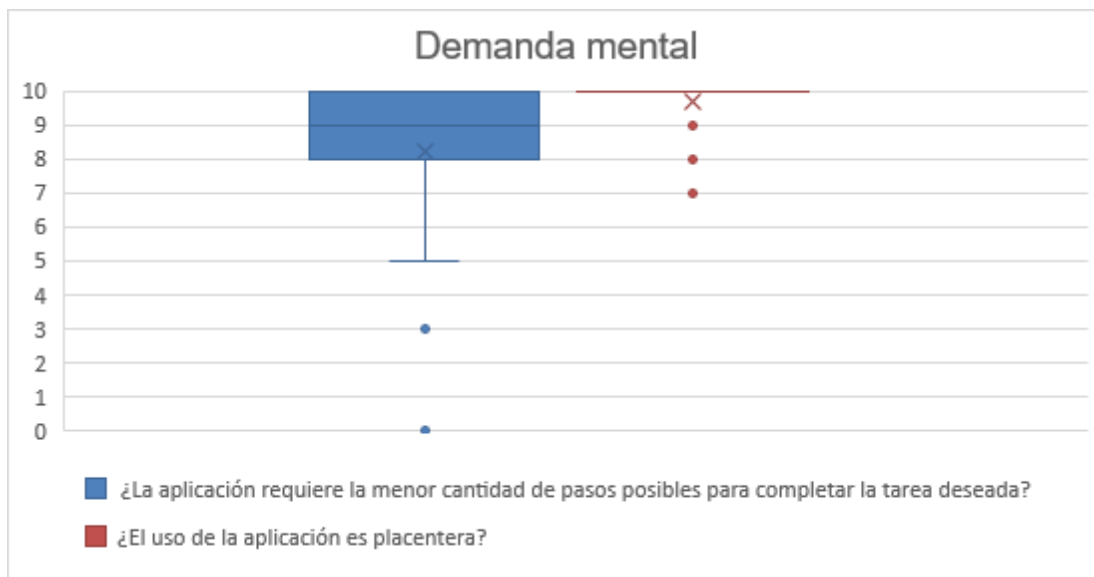


Figura 26. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la demanda mental percibida por los participantes.

Los resultados permitieron concluir que la aplicación es placentera, y que se requieren la menor cantidad de pasos posibles para cumplir los objetivos del juego, sin embargo, esta última aseveración tiene una mayor dispersión en las respuestas, como se muestra en la Figura 26.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la demanda mental.

	<i>¿La aplicación requiere la menor cantidad de pasos posibles para completar la tarea deseada?</i>	<i>¿El uso de la aplicación es placentera?</i>
Media	8.19	9.67
Error típico	0.57	0.17
Mediana	9.00	10.00
Moda	10.00	10.00
Desviación estándar	2.62	0.80
Varianza de la muestra	6.86	0.63
Curtosis	4.28	6.41
Coefficiente de asimetría	-2.06	-2.58
Rango	10.00	3.00
Mínimo	0.00	7.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	172.00	203.00
Cuenta	21.00	21.00

4.3 Demanda física

La segunda característica que se evaluó sobre el uso del simulador fue la demanda física, cuyas respuestas provistas de los usuarios permitieron conocer aspectos relacionados al cansancio físico relacionado al uso de éste. El grado de comodidad percibido por los participantes tuvo una media de 9.10 en una escala de 0 a 10, con 2 valores atípicos; mientras que la fatiga física percibida después de utilizar la aplicación tuvo una media de 2.29 en una escala de 0 a 10.

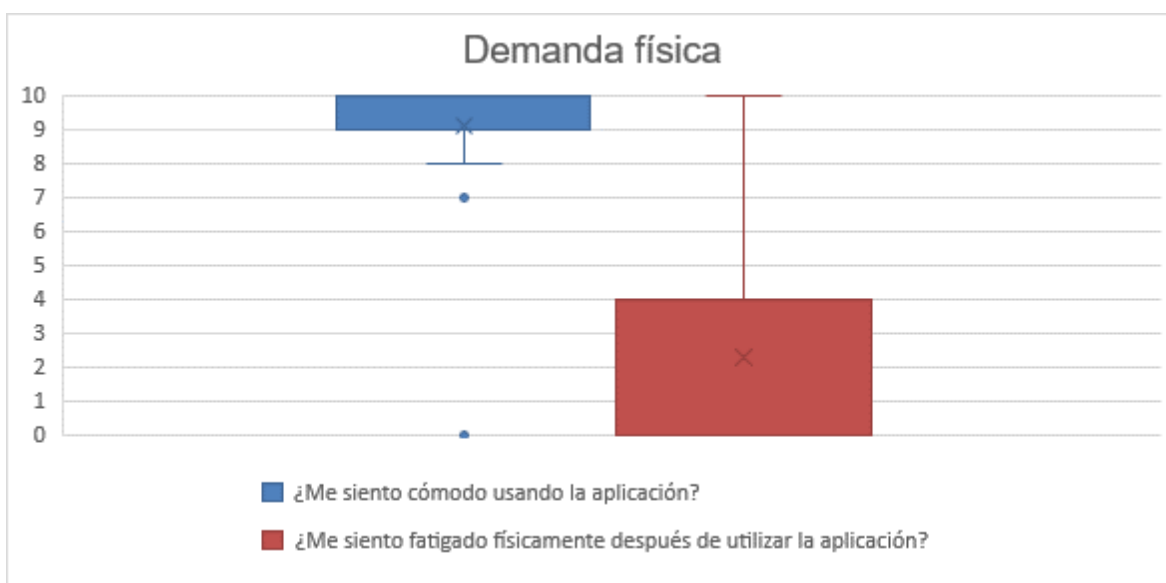


Figura 27. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la demanda física percibida por los participantes.

Se pudo concluir que el uso de este entorno de Realidad Virtual es cómodo, sin embargo, no se puede concluir acerca de la fatiga percibida después de su uso dada la dispersión de las respuestas, como se observa en la Figura 27, aunque el valor promedio nos muestra que tiende a ser bajo el nivel de fatiga.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la demanda física.

	<i>¿Me siento cómodo usando la aplicación?</i>	<i>¿Me siento fatigado físicamente después de utilizar la aplicación?</i>
Media	9.10	2.29
Error típico	0.49	0.70
Mediana	10.00	0.00
Moda	10.00	0.00

Desviación estándar	2.23	3.20
Varianza de la muestra	4.99	10.21
Curtosis	15.13	0.52
Coefficiente de asimetría	-3.73	1.31
Rango	10.00	10.00
Mínimo	0.00	0.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	191.00	48.00
Cuenta	21.00	21.00

4.4 Demanda temporal

Se calificó la demanda temporal, como tercer elemento que se evaluó acerca de la experiencia de los participantes, con la intención de conocer su opinión acerca del esfuerzo requerido con relación al uso del tiempo.

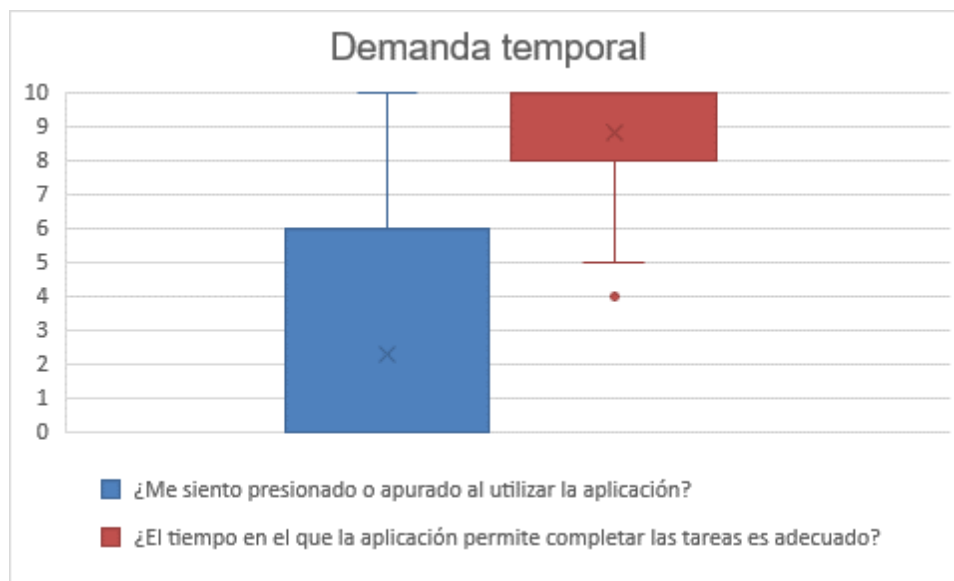


Figura 28. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la demanda temporal percibida por los participantes.

Con los resultados obtenidos concluimos que el tiempo asignado para las tareas fue adecuado, sin embargo, no se puede concluir que los usuarios no se sintieron presionados o apurados en el uso de la aplicación, debido al grado de dispersión en las respuestas.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la demanda temporal.

	<i>¿Me siento presionado o apurado al utilizar la aplicación?</i>	<i>¿El tiempo en el que la aplicación permite completar las tareas es adecuado?</i>
Media	2.29	8.81
Error típico	0.78	0.40
Mediana	0.00	10.00
Moda	0.00	10.00
Desviación estándar	3.59	1.83
Varianza de la muestra	12.91	3.36
Curtosis	-0.32	1.53
Coefficiente de asimetría	1.19	-1.57
Rango	10.00	6.00
Mínimo	0.00	4.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	48.00	185.00
Cuenta	21.00	21.00

4.5 Frustración

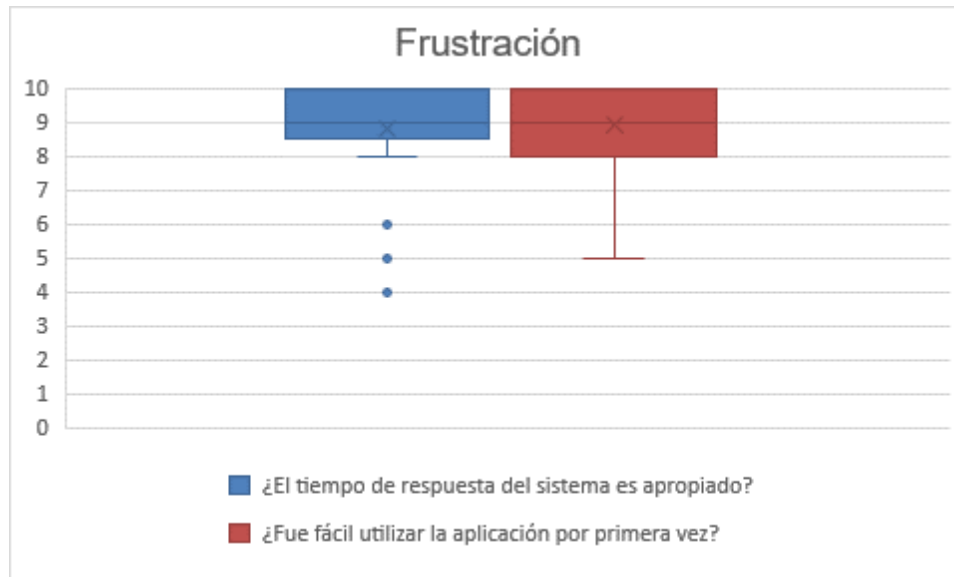


Figura 29. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la frustración percibida por los participantes.

Preguntando acerca de la facilidad en el uso de la aplicación por primera vez, y la percepción del usuario acerca de los tiempos de respuesta, evaluamos el rubro de

frustración. Los resultados en ambas preguntas fueron concluyentes, y nos permiten observar que los tiempos de respuesta del sistema son adecuados y que es fácil utilizar la aplicación por primera vez.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos en la evaluación del nivel de frustración durante el uso del simulador.

	<i>¿El tiempo de respuesta del sistema es apropiado?</i>	<i>¿Fue fácil utilizar la aplicación por primera vez?</i>
Media	8.81	8.90
Error típico	0.38	0.30
Mediana	9.00	9.00
Moda	10.00	10.00
Desviación estándar	1.75	1.37
Varianza de la muestra	3.06	1.89
Curtosis	2.46	2.53
Coefficiente de asimetría	-1.78	-1.60
Rango	6.00	5.00
Mínimo	4.00	5.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	185.00	187.00
Cuenta	21.00	21.00

4.6 Complejidad de las tareas

El siguiente par de preguntas se realizaron con la finalidad de obtener la opinión de los participantes, acerca de la complejidad de las tareas, específicamente hablando de la interacción con los objetos que se encuentran en el entorno simulado, y la complejidad de los pasos necesarios para realizar las tareas asignadas. El valor promedio para la primera pregunta fue de 9.19 en una escala de 0 a 10, con un solo valor atípico, mientras que, para la segunda pregunta, fue de 9.10 y sin valores atípicos. Estos datos se muestran en la Tabla 7.

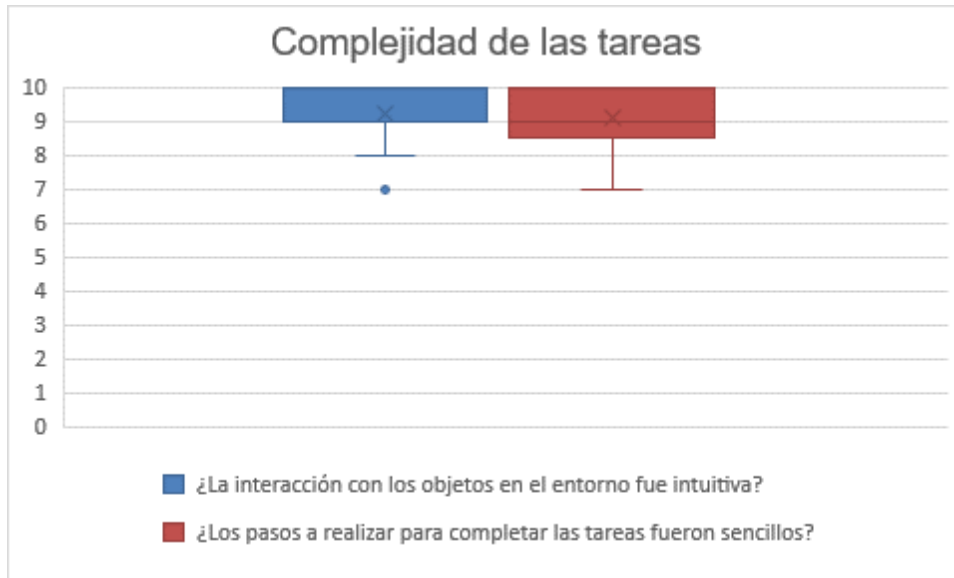


Figura 30. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la complejidad de las tareas a realizar dentro del simulador.

Dada la poca dispersión en las respuestas a ambas preguntas, como se muestra en la Figura 30, se puede concluir que la interacción con los objetos dentro del simulador fue intuitiva, y que los pasos a realizar para completar las tareas fueron sencillos.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la complejidad de las tareas.

	<i>¿La interacción con los objetos en el entorno fue intuitiva?</i>	<i>¿Los pasos a realizar para completar las tareas fueron sencillos?</i>
Media	9.19	9.10
Error típico	0.21	0.24
Mediana	9.00	9.00
Moda	10.00	10.00
Desviación estándar	0.98	1.09
Varianza de la muestra	0.96	1.19
Curtosis	0.46	-0.30
Coefficiente de asimetría	-1.12	-0.97
Rango	3.00	3.00
Mínimo	7.00	7.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	193.00	191.00
Cuenta	21.00	21.00

4.7 Grado de estrés

Se determinó el grado de estrés que se experimenta durante el uso del simulador y ejecución de las tareas, preguntando a los participantes acerca de la facilidad con la que se pueden cometer fallas o errores en la aplicación, y además cómo calificarían la diversión que experimentaron durante la prueba. La calificación promedio para el nivel de diversión al usar la aplicación fue 9.19, con 4 valores atípicos, mientras que la aseveración “Es difícil cometer fallas o errores en la aplicación” tuvo un promedio de 6.76 con un valor atípico.

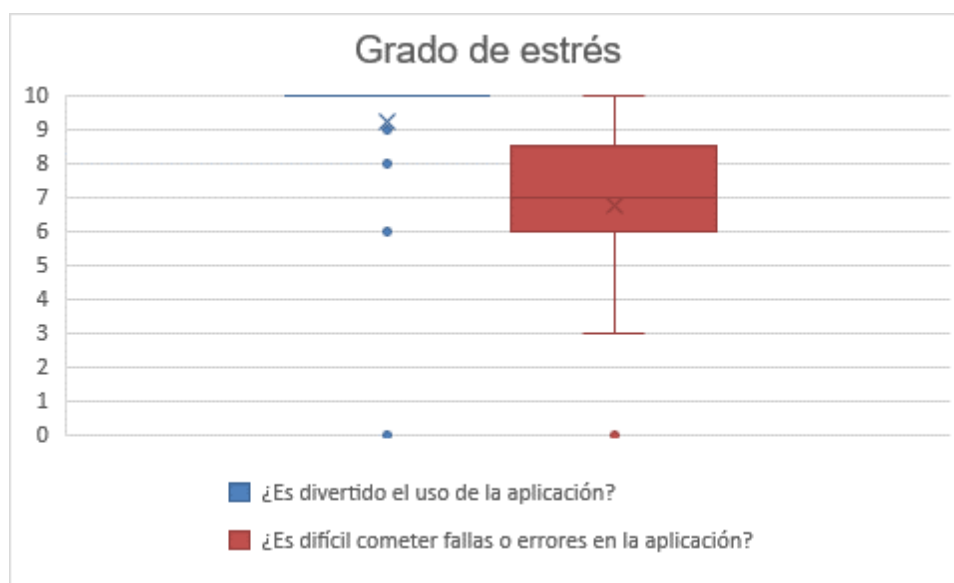


Figura 31. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca del grado de estrés percibido por los participantes.

Según el comportamiento de las respuestas mostrado en la Figura 31, podemos observar que el uso de la aplicación es divertido, sin embargo, también es probable que se cometan errores.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos en la evaluación del grado de estrés percibido durante el uso del simulador.

	<i>¿Es divertido el uso de la aplicación?</i>	<i>¿Es difícil cometer fallas o errores en la aplicación?</i>
Media	9.19	6.76
Error típico	0.51	0.53
Mediana	10.00	7.00
Moda	10.00	8.00
Desviación estándar	2.32	2.43

Varianza de la muestra	5.36	5.89
Curtosis	13.52	1.79
Coefficiente de asimetría	-3.57	-1.29
Rango	10.00	10.00
Mínimo	0.00	0.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	193.00	142.00
Cuenta	21.00	21.00

4.8 Distracción

Para conocer el nivel de distracción experimentado durante el uso de este simulador, se preguntó si la información dentro de este entorno se presenta de manera clara y es fácil de encontrar, y si únicamente los objetos necesarios son representados. La evaluación promedio para la primera pregunta fue de 8.95, mientras que la segunda tuvo un promedio de 8.62, con un solo valor atípico.



Figura 32. Diagrama de cajas, que representan la distribución de las respuestas, acerca de la distracción percibida dentro del simulador.

Como se observa en la Figura 32, los resultados para ambas preguntas nos permiten observar que, la información sí se presenta de manera clara y es fácil de encontrar, y que sólo los objetos necesarios son representados.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos en la evaluación del nivel de distracción en el simulador.

	<i>¿La información se presenta de manera clara y es fácil de encontrar?</i>	<i>¿Sólo los objetos necesarios son representados?</i>
Media	8.95	8.62
Error típico	0.32	0.33
Mediana	10.00	9.00
Moda	10.00	10.00
Desviación estándar	1.47	1.53
Varianza de la muestra	2.15	2.35
Curtosis	0.95	2.69
Coficiente de asimetría	-1.28	-1.40
Rango	5.00	6.00
Mínimo	5.00	4.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	188.00	181.00
Cuenta	21.00	21.00

4.9 Demanda sensorial

Para evaluar la carga atribuida a los elementos del simulador, por medio de los sentidos como el oído y la vista, se entrevistó a los participantes sobre la calidad en los colores de los elementos visuales y el volumen en los elementos auditivos, cuyo valor promedio de calificación fue de 8.95. De igual forma, se evaluó el cansancio visual después de utilizar la aplicación durante un tiempo prolongado, cuyo resultado al final de las pruebas fue de 3.52.

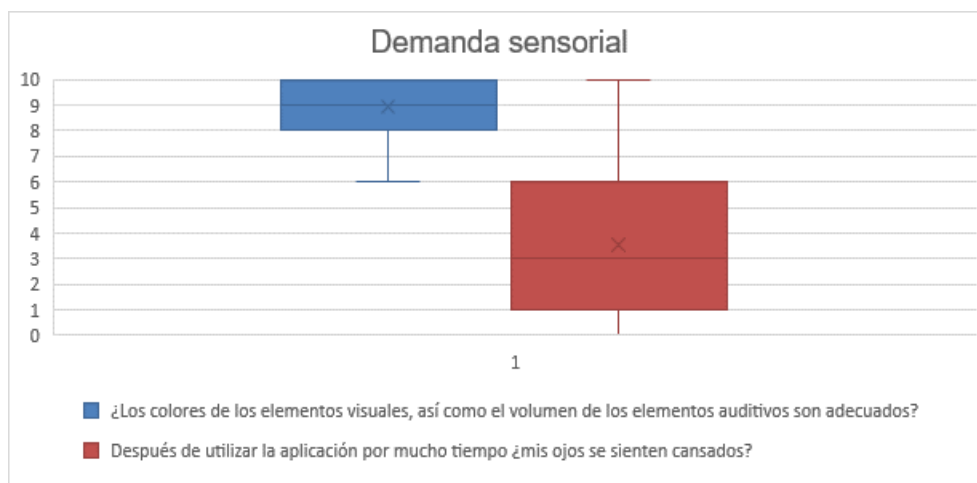


Figura 33. Distribución de las respuestas respectivas a la demanda sensorial.

En la Figura 33 se puede observar que efectivamente los colores de los elementos visuales y el volumen de los elementos auditivos son adecuados, según las respuestas expresadas en la encuesta. Por otro lado, no se muestra un resultado concluyente acerca del cansancio en los ojos después de utilizar el simulador por mucho tiempo.

Tabla 10. Estadísticos descriptivos en la evaluación de la demanda sensorial.

	<i>¿Los colores de los elementos visuales, así como el volumen de los elementos auditivos son adecuados?</i>	<i>Después de utilizar la aplicación por mucho tiempo ¿mis ojos se sienten cansados?</i>
Media	8.95	3.52
Error típico	0.28	0.71
Mediana	9.00	3.00
Moda	10.00	1.00
Desviación estándar	1.28	3.23
Varianza de la muestra	1.65	10.46
Curtosis	-0.19	-0.79
Coefficiente de asimetría	-1.00	0.68
Rango	4.00	10.00
Mínimo	6.00	0.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	188.00	74.00
Cuenta	21.00	21.00

4.10 Control en las tareas

Para conocer la evaluación proporcionada por los usuarios, que corresponde al rubro de control en las tareas, se preguntó acerca de la facilidad para moverse en el entorno simulado, así como la facilidad para interactuar con los objetos dentro de éste. La evaluación a la facilidad para moverse dentro del entorno tuvo una media de 9.19, con un valor atípico, mientras que el promedio con relación a la interacción con objetos fue de 8.71.

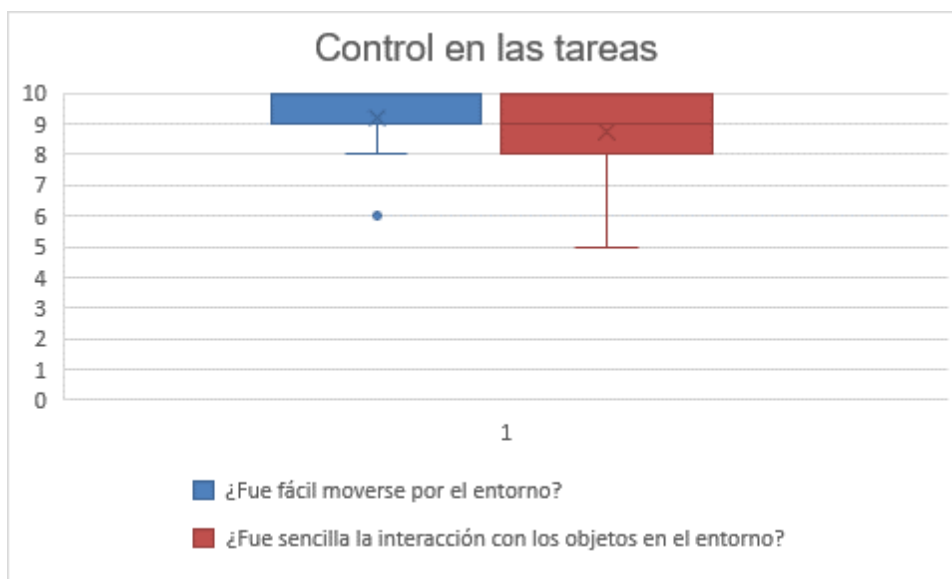


Figura 34. Distribución de las respuestas respectivas al control de tareas.

Las respuestas para ambas preguntas fueron concluyentes, como se muestra en la Figura 34, y nos permiten observar que dentro del entorno es fácil moverse e interactuar con los objetos que se incluyen.

Tabla 11. Estadísticos descriptivos en la evaluación del control de las tareas.

	<i>¿Fue fácil moverse por el entorno?</i>	<i>¿Fue sencilla la interacción con los objetos en el entorno?</i>
Media	9.19	8.71
Error típico	0.31	0.28
Mediana	10.00	9.00
Moda	10.00	9.00
Desviación estándar	1.44	1.27
Varianza de la muestra	2.06	1.61
Curtosis	1.56	2.33
Coefficiente de asimetría	-1.71	-1.34
Rango	4.00	5.00
Mínimo	6.00	5.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	193.00	183.00
Cuenta	21.00	21.00

4.11 Inmersión

Se calificó el nivel de inmersión y la fidelidad de los elementos representados en el entorno con la realidad, para conocer la opinión de los participantes acerca del rubro de Inmersión. Como se describe en la tabla Tabla 12, la media aritmética acerca de la capacidad de inmersión de la aplicación fue de 9.52, mientras que la fidelidad de los elementos del entorno con la realidad fue de 9.19 con un valor atípico.

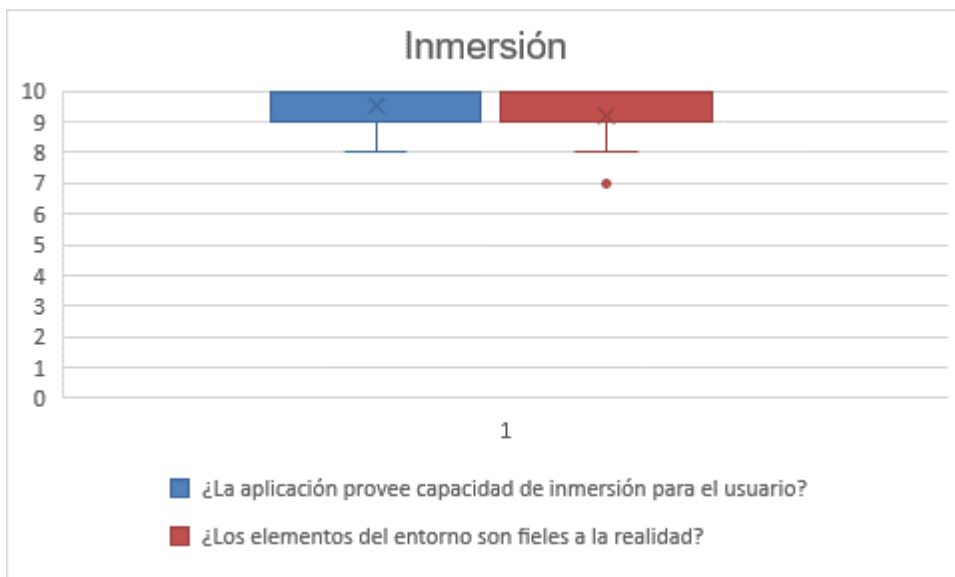


Figura 35. Distribución de las respuestas representada en diagrama de cajas, con relación al nivel de inmersión.

En la Figura 35 podemos observar resultados concluyentes, que nos permiten afirmar que la aplicación posee capacidad de inmersión para el usuario, y que los elementos del entorno son fieles a la realidad.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos en la evaluación del nivel de inmersión percibido dentro del simulador.

	¿La aplicación provee capacidad de inmersión para el usuario?	¿Los elementos del entorno son fieles a la realidad?
Media	9.52	9.19
Error típico	0.16	0.21
Mediana	10.00	9.00
Moda	10.00	10.00
Desviación estándar	0.75	0.98
Varianza de la muestra	0.56	0.96

Curtosis	0.17	0.46
Coefficiente de asimetría	-1.27	-1.12
Rango	2.00	3.00
Mínimo	8.00	7.00
Máximo	10.00	10.00
Suma	200.00	193.00
Cuenta	21.00	21.00

4.12 Satisfacción final del usuario

Los resultados expresados en la Figura 36 permiten observar que los usuarios estuvieron satisfechos con la experiencia con simulador. Adicionalmente, la totalidad de los participantes respondieron que “Sí” a volver a utilizar la aplicación y a recomendarla en la capacitación de la toma de historia clínica. Sin embargo, existieron recomendaciones para más funcionalidades que se pudieran implementar en versiones futuras. Estas observaciones generales se describen en la Tabla 14.



Figura 36. Gráfica de la satisfacción final del usuario, donde el 10 significa “totalmente satisfecho” y el 0 indica “totalmente insatisfecho”.

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de las respuestas sobre la satisfacción final del usuario.

¿Estoy satisfecho con la aplicación?	
Media	9.57
Error típico	0.15
Mediana	10.00

Moda	10.00
Desviación estándar	0.68
Varianza de la muestra	0.46
Curtosis	0.76
Coefficiente de asimetría	-1.36
Rango	2.00
Mínimo	8.00
Máximo	10.00
Suma	201.00
Cuenta	21.00

Tabla 14. Recomendaciones expresadas por parte de los usuarios. Se hicieron correcciones en la redacción.

Recomendaciones del usuario
Capacitación previa al uso
Más interacciones con el entorno
Más interacción con los objetos
Que todos los elementos que componen el baumanómetro estén juntos.
Mejorar la función de sostener los objetos
Más diálogos para la interacción con el paciente
Que las respuestas del paciente sean mediante audio
Respuestas del paciente sobre su padecimiento médico

Mejoras en la vista de la cámara para prevenir el mareo
Añadir el oxímetro para medir la oxigenación del paciente
Agregar más elementos en el entorno
Mejorar el volumen del audio
Mejorar el motor gráfico y auditivo
Agregar más ruidos de auscultación (ruidos intestinales)
Agregar toma de pulso
Agregar inspección de fondo de ojo
Aumentar tipos de situaciones de historia clínica, como mixta, directa o indirecta, atendiendo niños o adultos mayores
Agregar ruidos anormales
Que los ruidos de Korotkoff sean más consistentes con la realidad
Agregar más funciones
Mejorar el uso para que sea más rápido y sencillo

Capítulo 5. Conclusiones

En este trabajo se presentó la primera prueba de concepto de un simulador en desarrollo, cuyo objetivo está encaminado a la capacitación de estudiantes de medicina, en la toma de la historia clínica. De forma específica, las tareas implementadas en esta versión son: la toma de signos vitales, como temperatura, presión arterial y frecuencia respiratoria; auscultación del tórax, sobre los ruidos pulmonares y cardiacos; y la ficha de identificación al entrevistar al paciente.

El entorno de realidad virtual simulado para la toma de la historia clínica tuvo una evaluación satisfactoria en la experiencia general de los participantes de las pruebas. Esto puede significar, que el uso de la realidad virtual para simular estos escenarios para la toma de la historia clínica es una herramienta útil para el aprendizaje del estudiante de Medicina, en sus primeros años de formación. Se evaluó la percepción subjetiva y el nivel de aceptación de los participantes en esta prueba de simulador, quienes fueron tanto estudiantes como profesores de la Facultad de Medicina, y los rubros con mejor evaluación fueron la inmersión, satisfacción y sensación placentera al utilizar esta aplicación en realidad virtual. Si bien la totalidad de los participantes recomendaría y volvería a utilizar el simulador, se tuvieron sugerencias para la mejora de éste, como nuevos casos de estudio que incluyan patologías, nuevos diálogos, y mejoras en los modos de navegación e interacción con el entorno, como el control de la cámara y volumen de los sonidos. Estas mejoras se implementarían en versiones futuras del simulador.

Adicionalmente, se pueden realizar una investigación cuantitativa a futuro, utilizando registros o *logs* provistos por el mismo software, mediante eventos que se activan al completar las tareas indicadas, en un tiempo determinado que también forma parte del registro. De esta forma se puede determinar de manera más objetiva los alcances, así como la efectividad del uso de este simulador.

Anexos

A. Encuesta de evaluación del simulador.

Experiencia previa:

Edad: _____

Nivel de formación:

- Licenciatura
- Especialización
- Posgrado

Profesión: _____

Experiencia utilizando simuladores en Medicina (Pacientes virtuales, maniqués, simuladores virtuales en pantalla):

- 1 – Baja
- 2
- 3 - Media
- 4
- 5 - Alta

Experiencia utilizando simuladores virtuales en pantalla:

- 1 – Baja
- 2
- 3 - Media
- 4
- 5 - Alta

Experiencia utilizando Realidad Virtual:

- 1 – Baja
- 2
- 3 - Media
- 4
- 5 - Alta

Demanda mental:

¿La aplicación requiere la menor cantidad de pasos posibles para completar la tarea deseada?

0 – Totalmente en desacuerdo	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 – Totalmente de acuerdo

¿El uso de la aplicación es placentera?

0 – Totalmente en desacuerdo	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 – Totalmente de acuerdo

Demanda física:

¿Me siento cómodo usando la aplicación?

0 – Totalmente en desacuerdo	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 – Totalmente de acuerdo

¿Me siento fatigado físicamente después de utilizar la aplicación?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

Demanda temporal:

¿Me siento presionado o apurado al utilizar la aplicación?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

¿El tiempo en el que la aplicación permite completar las tareas es adecuado?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

Frustración:

¿El tiempo de respuesta del sistema es apropiado?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo

¿Fue fácil utilizar la aplicación por primera vez?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo

Complejidad de las tareas:

¿La interacción con los objetos en el entorno fue intuitiva?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo

¿Los pasos a realizar para completar las tareas fueron sencillos?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

Grado de estrés:

¿Es divertido el uso de la aplicación?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

¿Es difícil cometer fallas o errores en la aplicación?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

Distracción:

¿La información se presenta de manera clara y es fácil de encontrar?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo

¿Sólo los objetos necesarios son representados?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo

Demanda sensorial:

¿Los colores de los elementos visuales, así como el volumen de los elementos auditivos son adecuados?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo

Después de utilizar la aplicación por mucho tiempo ¿mis ojos se sienten cansados?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

Control en las tareas:

¿Fue fácil moverse por el entorno?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

¿Fue sencilla la interacción con los objetos en el entorno?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

Inmersión:

¿La aplicación provee capacidad de inmersión para el usuario?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

¿Los elementos del entorno son fieles a la realidad?

0	–	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Totalmente en desacuerdo												Totalmente de acuerdo	

Satisfacción final del usuario:

¿Estoy satisfecho con la aplicación?

0	-	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	–	
Insatisfecho												Muy satisfecho	

¿Cuánto tiempo percibió que duró la prueba de inicio a fin? _____

Si tuviera la oportunidad ¿volvería a usar la aplicación?

- Si
- No

¿Recomendaría esta aplicación para la capacitación en la toma de la historia clínica?

- Si
- No

Recomendaciones adicionales para mejorar el software:

Referencias

Abt, C. C. (1987). *Serious games*. University Press of America.

Adams, E., & Dormans, J. (2012). *Game mechanics: Advanced game design*. New Riders.

Briceno, L., & Paul, G. (2019). MakeHuman: A Review of the Modelling Framework. En S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander, & Y. Fujita (Eds.), *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)* (pp. 224-232). Springer International Publishing.

Capurso García, M. A. (2022, febrero 9). *Episodio #07—Simulación en instituciones de salud por REDESIM - Red de Educadores en Simulación*. Spotify for Creators. <https://creators.spotify.com/pod/profile/redesim/episodes/Episodio-07---Simulacin-en-instituciones-de-salud-e1b585v/a-a7113ab>

CBS Mornings (Director). (2015, abril 21). *The surprising history behind the board game «Monopoly»* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=mz5H0cg2uXs>

Cecam. (2019, enero 11). DICiM. <https://dicim.facmed.unam.mx/index.php/cecam/>

Cerón-Apipilhuasco, A., Rodríguez-Cruz, L., Mendoza-Carrasco, M. T., & Loría-Castellanos, J. (2020). Introducción a la simulación clínica. *Revista de Educación e Investigación en Emergencias*, 1(4), 4249. <https://doi.org/10.24875/REIE.20000057>

Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., & Wiemeyer, J. (2016). Introduction. En R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, & J. Wiemeyer (Eds.), *Serious Games* (pp. 1-34). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1_1

Flössel, U., Clas, S., Willemer, M., Sommer, M., Poweleit, G., Schulze, R., Heide, S., & Erfurt, C. (2021). Using simulation mannequins and actors in training for external post-mortem examinations - experiences from use in medical students and police officers. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 77, 102102. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2020.102102>

Freiknecht, J., Geiger, C., Drochert, D., Effelsberg, W., & Dörner, R. (2016). Game engines. En R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, & J. Wiemeyer (Eds.), *Serious Games* (pp. 127-159). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1_6

Gaba, D. M. (2004). The future vision of simulation in health care. *BMJ Quality & Safety*, 13(suppl 1), i2-i10. <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009878>

Ghi, T., Rizzo, G., Ghi, T., Rizzo, G., Aloisio, F., Bellussi, F., Masturzo, B., Kiener, A., & Suprani, A. (2020). The use of a hybrid mannequin for the modern high-fidelity simulation in the labor ward: The Italian experience of the Ecografia Gestione Emergenze Ostetriche (Egeo) group. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 222(1), 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.07.023>

Henry, R. (2019). *In the spotlight: Duquesne university school of nursing*. https://www.aspeducators.org/index.php?option=com_content&view=article&id=169:in-the-spotlight--duquesne-university-school-of-nursing&catid=28:center-spotlight&Itemid=189

Hesch, J., Kozminski, A., & Linde, O. (2019, agosto 22). *Powered by ai: Oculus insight*. Meta AI. <https://ai.facebook.com/blog/powered-by-ai-oculus-insight/>

Invicta (Director). (2019, junio 28). *¿Cómo la guerra se convirtió en un juego?* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=-selA9tukDs>

Kay, L. (2019, abril 19). Kriegsspiel – How a 19th Century Table-Top War Game Changed History. *MilitaryHistoryNow.Com*. <https://militaryhistorynow.com/2019/04/19/kriegsspiel-how-a-19th-century-war-game-changed-history/>

Landlord's Game 1904—Patent Image. (2021, agosto 27). landlordsgame.info. https://landlordsgame.info/rules/lg-1904p_board.html

Lee, K. H. K., Grantham, H., & Boyd, R. (2008). Comparison of high- and low-fidelity mannequins for clinical performance assessment. *Emergency Medicine Australasia*, 20(6), 508-514. <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2008.01137.x>

Lewis, K. L., Bohnert, C. A., Gammon, W. L., Hölzer, H., Lyman, L., Smith, C., Thompson, T. M., Wallace, A., & Gliva-McConvey, G. (2017). The association of standardized patient educators (Aspe) standards of best practice(Sobp). *Advances in Simulation*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s41077-017-0043-4>

Maani, C. V., Hoffman, H. G., Morrow, M., Maiers, A., Gaylord, K., McGhee, L. L., & DeSocio, P. A. (2011). Virtual reality pain control during burn wound debridement of combat-related burn injuries

using robot-like arm mounted vr goggles. *Journal of Trauma: Injury, Infection & Critical Care*, 71(1), S125-S130. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31822192e2>

Michael, D. R., & Chen, S. L. (2006). *Serious games: Games that educate, train and inform*. Thomson Course Technology.

Nardone, D. A., Schriener, C. L., Guyer-Kelley, P., & Kositch, L. P. (1987). Use of computer simulations to teach history-taking to first-year medical students: *Academic Medicine*, 62(3), 191-193. <https://doi.org/10.1097/00001888-198703000-00009>

Owen, H., Follows, V., Reynolds, K. J., Burgess, G., & Plummer, J. (2002). Learning to apply effective cricoid pressure using a part task trainer: Training in cricoid pressure. *Anaesthesia*, 57(11), 1098-1101. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2044.2002.02836.x>

Padilha, J. M., Machado, P. P., Ribeiro, A., Ramos, J., & Costa, P. (2019). Clinical virtual simulation in nursing education: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 21(3), e11529. <https://doi.org/10.2196/11529>

Peart, P. (2022). Clinical history taking. *Clinics in Integrated Care*, 10, 100088. <https://doi.org/10.1016/j.intcar.2021.100088>

Pérez-Pachón, L., Poyade, M., Brown, J., & Fallon, V. (2017). Towards the development of a virtual reality simulator with haptic force feedback for training in stereotactic brain biopsies. En M. Ma & A. Oikonomou (Eds.), *Serious Games and Edutainment Applications* (pp. 121-145). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5_6

Wilson, A. S., Broadbent, C., McGrath, B., & Prescott, J. (2017). Factors associated with player satisfaction and educational value of serious games. En M. Ma & A. Oikonomou (Eds.), *Serious Games and Edutainment Applications* (pp. 513-535). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5_23