

Desarrollo de un Escenario Gamificado en Realidad Virtual como Herramienta Didáctica en la
Enseñanza del Procedimiento: Canulación de Acceso Vascular Central Guiado por
Ultrasonido.

María Camila Aparicio Nova y Jheyson Arley Jaimes Esteban

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas e Informática

Directora

PhD. Lola Xiomara Bautista Rozo

Doctora en Tratamiento de señales e imágenes

Codirector

Md. Henry Jahir Mayorga Anaya

Especialista en Anestesiología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática

Bucaramanga

2023

Dedicado a

Mis padres Edgar y Maryluz quienes siempre me guiaron y apoyaron durante esta etapa universitaria, que nunca dudaron de mi y siempre dieron lo mejor de ellos para que lograra alcanzar mis metas y cada uno de los retos que hoy he logrado.

A mi abuela Floridalba y mi tío Hugo Yusef por apoyarme y ser guías en este camino de mi formación profesional, por nunca dudar de mi y de todo lo que podía lograr.

A mis abuelos Hugo Saúl, Trino y Juana por ser el apoyo que mis padres necesitaron para salir adelante; sin olvidar que fueron personas importantes en mi formación y mi crecimiento. A pesar de que mis abuelos ya no se encuentren en este mundo, siempre estuvieron ahí cuando los necesitaba.

A Luis Fernando MD, mi mejor amigo, que, aunque ya no te encuentres conmigo, sé que estarías muy orgulloso de que esté culminando esta etapa, gracias por ser ese apoyo incondicional.

A mis amigos y familiares que estuvieron presentes en esta etapa universitaria que con sus consejos, advertencias, risas, regaños y momentos inolvidables hicieron de mi etapa universitaria una de las mejores.

María Camila Aparicio Nova

Dedicado a

Mis padres Rosalba Esteban Villamizar y José Gregorio Jaimes Gallardo quienes siempre me han cuidado, enseñando, aconsejado y animado para alcanzar mis metas y sin los cuales no sería la persona que soy hoy.

A mis abuelos paternos Romelia Gallardo y Benjamín Esteban y mi abuela materna Sulamita Villamizar Botia quienes han partido a la gloria eterna y en vida fueron fundamentales en mi formación como persona, me acompañaron en momentos importantes y nunca dejaron de aconsejarme y cuidarme hasta su último instante.

A mi tío Luis Alberto Esteban Villamizar y su esposa Rosalba Mendoza quienes me ayudaron en mi proceso formativo profesional con asesorías, consejos y acompañamiento.

A mis hermanos William Jaimes y Cristian Jaimes con quienes crecí y con quienes he compartido momentos de mucha alegría y fraternidad.

Jheyson Arley Jaimes Esteban

Agradecimientos

A nuestra directora, la profesora Lola Xiomara Bautista y a nuestro codirector, el Md. Henri Jair Mayorga, por confiar en nosotros y tenernos paciencia desde el principio del proyecto. Por el tiempo dedicado, las sugerencias y aportes realizados en el desarrollo del proyecto.

A nuestros familiares, por ser el apoyo en momentos de incertidumbre, por los consejos y enseñanzas a cada uno de nosotros, por ser fundamentales en la culminación de esta importante etapa.

A nuestros colegas y compañeros de clase por todo el tiempo compartido, por el apoyo a cada uno de nosotros mediante el transcurso del pregrado, por estar dispuestos siempre a ayudar y compartir su conocimiento con nosotros.

A la Universidad Industrial de Santander y su personal, por permitirnos realizar el pregrado allí, abrirnos sus puertas y por ser importantes en nuestra formación personal y profesional.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	17
1. Planteamiento del proyecto	19
1.1. Planteamiento del problema.....	19
1.2. Justificación	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
2. Marco de Referencia	22
2.1. Fundamentos Teóricos	22
2.1.1. Canulación Vascular Central guiada por Ultrasonido.....	22
2.1.2. Principios de Ecografía.	25
2.1.2.1. Principios Físicos.	25
2.1.3. Construcción de la imagen.....	26
2.1.3.1. Sombras Acústicas.	28
2.1.3.2. Refuerzo Acústico.....	28
2.1.3.3. Reverberación.	29
2.1.3.4. Anisotropía.....	29
2.1.3.5. Imagen espejo.	29
2.1.4. Transductores.....	30
2.1.4.1. Sonda Convexa.	31
2.1.4.2. Sectorial.	31

2.1.4.3.	Lineal.....	31
2.1.5.	Planos.....	32
2.1.5.1.	El plano transversal o axial.....	32
2.1.5.2.	El plano longitudinal o sagital.....	32
2.1.5.3.	El plano coronal.....	33
2.1.6.	Gamificación.....	34
2.1.7.	Realidad Virtual.....	35
3.	Antecedentes del tema.....	36
4.	Metodología.....	39
4.1.	Etapas de la metodología.....	39
4.1.1.	Profundización y capacitación del tema.....	39
4.1.2.	Diseño de Aplicación.....	40
4.1.2.1.	Levantamiento de requerimientos de la interfaz.....	40
4.1.2.1.1.	Requerimientos Funcionales.....	40
4.1.2.2.	Diagramas de Casos de Uso.....	47
4.1.2.3.	Análisis del Alumno.....	50
4.1.2.3.1.	Tipo de Estudiante.....	50
4.1.2.3.2.	Manejo de Herramientas de Gamificación.....	50
4.1.2.3.3.	Grado de Escolaridad.....	50
4.1.2.3.4.	Motivación.....	50
4.1.2.3.5.	Conocimientos.....	50
4.1.2.4.	Diseño de la base de datos.....	50
4.1.2.5.	Análisis del Entorno.....	50
4.1.2.6.	Arquitectura de la Aplicación.....	51

4.1.2.6.1.	Almacenamiento de información temporal.....	51
4.1.3.	Desarrollo de la interfaz.....	52
4.1.3.1.	Búsqueda y construcción de elementos visuales.....	52
4.1.3.2.	Programación de requerimientos e inclusión de las estrategias de gamificación.....	52
4.1.3.2.1.	Búsqueda y selección de elementos de gamificación.....	52
4.1.3.3.	Herramientas de Software.....	55
4.1.3.3.1.	Unity.....	56
4.1.3.3.2.	Blender.....	56
4.1.3.3.3.	Canva.....	56
4.1.3.4.	Diseño y funcionalidad de la Aplicación.....	56
4.1.3.4.1.	Creación de los niveles para la interfaz.....	56
4.1.3.4.2.	Pantalla de inicio.....	57
4.1.3.4.3.	Pantalla de Inicio del Escenario.....	59
4.1.3.4.4.	Botón de Home.....	59
4.1.3.4.5.	Estadísticas.....	60
4.1.3.4.6.	Mapa o Planos del escenario.....	61
4.1.3.4.7.	Reinicio de Nivel o Actividad.....	63
4.1.3.4.9.	Nivel 1 - Física.....	64
4.1.3.4.11.	Nivel 3 - Canulación Vascular.....	66
4.1.3.4.12.	Nivel 4 - Examen.....	67
4.1.3.4.13.	Nivel 5 - Final.....	68
4.1.4.	Evidencia del escenario.....	69
4.1.5.	Pruebas.....	69
4.1.5.1.	Resultados de la implementación de la Aplicación.....	70

4.1.6. Ajustes posteriores a las pruebas	75
5. Recomendaciones	77
6. Conclusiones	78
7. Trabajo a Futuro	79
Referencias Bibliográficas	80
Apéndices	83

Lista de Figuras

Figura 1. Vena yugular, subclavia y femoral.....	23
Figura 2. Canulación vascular central en vena yugular guiada por ultrasonido	25
Figura 3. Emisión y recepción de ondas sonoras.....	26
Figura 4. Ecogenicidad de tejidos.....	27
Figura 5. Artefactos Ecográficos	28
Figura 6. Modos ecográficos.....	30
Figura 7. Tipos de transductores.....	31
Figura 8. Toma y visualización del plano transversal.....	32
Figura 9. Toma y visualización del plano longitudinal.....	33
Figura 10. Toma y visualización del plano coronal.....	33
Figura 11. Representación de gamificación. Gamificación en la Era Digital.....	34
Figura 12. Realidad virtual	35
Figura 13. Marco de Trabajo SCRUM	39
Figura 14. Diagrama Casos de Usos de la interfaz de usuario.....	48
Figura 15. Diagrama Casos de Uso de las actividades de enseñanza	49
Figura 16. Arquitectura de la interfaz	52
Figura 17. Medallas por logros	55
Figura 18. Interfaz Inicio – Crear Usuario.....	58
Figura 19. Interfaz Inicio – Seleccionar Usuario	58
Figura 20. Pantalla de Inicio del Escenario	59
Figura 21. Botón de Home.....	60
Figura 22. Estadísticas Generales	60

Figura 23. Tipos de Filtro en estadísticas 1	61
Figura 24. Tipos de Estadísticas 2	61
Figura 25. Mapa del Escenario	62
Figura 26. Actividades del nivel	62
Figura 27. Confirmación para repetir nivel.....	62
Figura 28. Escenario Simulado	63
Figura 29. Nivel 0 Introducción al escenario separado en dos vistas	64
Figura 30. Nivel 1 Física.....	65
Figura 31. Nivel 2 Ultrasonido	66
Figura 32. Nivel 3 Canulación Vascular, separado en dos vistas	67
Figura 33. Nivel 4 Examen Final.....	68
Figura 34. Nivel 5 Final	69
Figura 35. Puntos actividad 5.....	71
Figura 36. puntos actividad 6 y 7.....	72
Figura 37. puntos actividad 10.....	73
Figura 38. puntos actividad 11	73
Figura 39. puntos actividad 12.....	75
Figura 40. Pregunta Técnica 1	83
Figura 41. Pregunta Técnica 2	84
Figura 42. Pregunta Técnica 3	84
Figura 43. Pregunta Técnica 4	85
Figura 44. Pregunta Técnica 5	85
Figura 45. Pregunta Técnica 6	86

Figura 46. Pregunta Técnica 7	86
Figura 47. Pregunta Técnica 8	87
Figura 48. Pregunta Técnica 9	87
Figura 49. Pregunta Técnica 10	88
Figura 50. Pregunta Técnica 11	88
Figura 51. Pregunta Técnica 12	89
Figura 52. Pregunta Técnica 13	89
Figura 53. Pregunta Técnica 14	90
Figura 54. Pregunta Técnica 15	90

Lista de Tablas

Tabla 1. Requerimiento Funcional Número 1.....	40
Tabla 2. Requerimiento Funcional Número 2.....	41
Tabla 3. Requerimiento Funcional Número 3.....	41
Tabla 4. Requerimiento Funcional Número 4.....	42
Tabla 5. Requerimiento Funcional Número 5.....	42
Tabla 6. Requerimiento Funcional Número 6.....	43
Tabla 7. Requerimiento Funcional Número 7.....	43
Tabla 8. Requerimiento Funcional Número 8.....	44
Tabla 9. Requerimiento Funcional Número 9.....	44
Tabla 10. Requerimiento Funcional Número 10.....	45
Tabla 11. Requerimiento Funcional Número 11.....	45
Tabla 12. Requerimiento Funcional Número 12.....	46
Tabla 13. Requerimiento No Funcional Número 1.....	46
Tabla 14. Requerimiento No Funcional Número 2.....	47
Tabla 15. Requerimiento No Funcional Número 3.....	47
Tabla 16. Tabla de las estrategias utilizadas en la aplicación.....	53

Lista de Apéndices

Apéndices	83
Apéndice A. Encuesta a estudiantes de la especialidad de Anestesiología.....	83

Glosario

Canulación: es la técnica que consiste en la introducción de cánulas en el corazón con el propósito de hacer posible la circulación extracorpórea.

Gamificación: acto de tomar una mecánica de juego y aplicarla a otras propiedades para aumentar el compromiso.

Realidad Virtual: tecnologías inmersivas que buscan posicionar al usuario dentro de entornos virtuales simulados por ordenador.

Sistema: conjunto de elementos que interactúan de manera organizada para cumplir con un fin un objetivo común.

Vena Yugular: vena que recoge la mayor parte de la sangre de la cabeza y el cuello.

Resumen

Título: Desarrollo de un escenario gamificado en realidad virtual como herramienta didáctica en la enseñanza del procedimiento: canulación de acceso vascular central guiado por ultrasonido¹.

Autor: María Camila Aparicio Nova, Jheyson Arley Jaimes Esteban².

Palabras Clave: Realidad virtual – Anestesiología – Gamificación – Ultrasonido – Acceso Vascular Central - Vena Yugular.

Descripción: La canulación de vías venosas es un procedimiento común en la sala de emergencias (García, Clavero, Lanau, 2018), este procedimiento requiere de gran habilidad por parte del médico debido a la alta posibilidad de complicaciones como la punción arterial inadvertida, hematomas locales, hemotórax y/o neumotórax que pueden ocasionar gran morbimortalidad en los pacientes. La implementación el residente cuente con la respectiva capacitación que le proporcione las habilidades técnicas necesarias para realizar el procedimiento.

Al iniciar las residencias, los estudiantes de especialidad médica en anestesiología realizan un curso de capacitación de aproximadamente 14 horas, donde se le enseñan las habilidades técnicas necesarias para la realización del procedimiento canulación vascular central guiada por ultrasonido. Teniendo como prioridad el bienestar de los pacientes, los residentes realizan diversas prácticas mediante simuladores que los preparan para afrontar

los posibles escenarios que puedan surgir ante una emergencia garantizando la integridad del paciente. Dada la importancia del procedimiento y su lenta curva de aprendizaje planteamos un escenario virtual que sirva de apoyo a la capacitación recibida por los estudiantes de especialidad médica en anestesiología mediante la introducción de conceptos teórico-prácticos del ultrasonido y del procedimiento canulación de acceso vascular central, enfocándose en reducir dicha curva de aprendizaje mediante el uso de estrategias de gamificación contribuyendo a la preparación del residente al momento de afrontar una emergencia.

¹ Título de Trabajo de Grado.

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Directora: PhD. Lola Xiomara Bautista Roza. Codirector: Md. Henry Jahir Mayorga Anaya.

Abstract

Title: Development of a gamified scenario in virtual reality as a training method for teaching the procedure: ultrasound-guided central vascular access cannulation³.

Author: Maria Camila Aparicio Nova, Jheyson Arley Jaimes Esteban⁴.

Keywords: Virtual Reality - Anesthesiology - Gamification -Ultrasound – Central Vascular Access - Jugular Vein.

Description: Venous cannulation is a common procedure in the emergency room, this procedure requires a high level of skill by the physician because there is a high possibility of complications like inadvertent arterial puncture, local hematomas, hemothorax, among others. At present, ultrasound is used to guide this procedure and decrease the complications that could emerge. To guarantee the effectivity of the ultrasound-guided procedure, it is necessary for the resident to be trained in order to provide him with the necessary technical skills to perform the procedure.

At the beginning of the medical residencies, the medical specialty students in anesthesiology take a training course of approximately 14 hours, where they are trained in the necessary technical skills to perform the central vascular cannulation procedure guided by ultrasound. Taking as a priority the well-being of the patients, the medical residencies make several practices by simulators that prepare them to confront the possible scenarios that could appear in an emergency, protecting the integrity of the patient.

Considering the importance of the procedure and the slow learning curve, we propose a virtual scenario to support the training of medical specialty students in anesthesiology by introducing theoretical and practical concepts of ultrasound and the central vascular access cannulation procedure, emphasizing the reduction of the learning curve through the use of gamification strategies, generating a significant, slow and repetitive learning for the medical resident that contributes to his or her preparation at the moment of confronting an emergency.

³ Bachelor Thesis

⁴ Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Directora: PhD.

Lola Xiomara Bautista Rozo. Codirector: Md. Henry Jahir Mayorga Anaya.

Introducción

Actualmente, la educación ha sido transformada gracias a los avances tecnológicos, que brindan nuevas herramientas educativas logrando que el proceso formativo sea didáctico y atractivo, para motivar a los estudiantes por medio de una información práctica y eficaz. Por ejemplo, el uso de diversas plataformas para realizar cursos online, los cuales flexibilizan la enseñanza y rompen barreras de distancia y disponibilidad horaria; los software de simulación de laboratorios que emulan un entorno similar al laboratorio físico y permiten recrear experiencias sin necesidad de equipos y materiales que pueden no ser asequibles para el aprendiz, y finalmente, los juegos serios que pueden implementar métodos de gamificación para facilitar el aprendizaje mediante estrategias pedagógicas divertidas. Estas herramientas se utilizan en muchas ramas de la ciencia para favorecer la formación académica y hacer frente a diversas limitantes como lo puede ser la complejidad que requiere el aprendizaje de un tema, la técnica o la carencia de instrumentos.

La medicina es una de las ramas de la ciencia que hace uso de dichas herramientas para realizar un entrenamiento previo a las prácticas clínicas, el cual se desarrolla en un laboratorio de simulación especializado. Estos laboratorios permiten a los estudiantes practicar procedimientos complejos y esenciales como la canulación de acceso vascular central guiado por ultrasonido.

La canulación de acceso vascular central guiado por ultrasonido (US) es un procedimiento ampliamente usado en pabellones quirúrgicos y salas de emergencias (Gil, Pérez, Serrano et al., 2019), su realización consiste en la colocación de un tubo delgado y flexible en la vena yugular, subclavia o femoral por el cual se pueda administrar fluidos, soluciones, entre otros, así como para realizar pruebas diagnósticas, reanimación volumétrica, y de más exámenes. El amplio uso de la canulación venosa central hace indispensable el conocimiento y manejo de forma prolija del procedimiento por parte de anesestesiólogos, internistas, urgenciólogos y cirujanos.

Para asegurar dicha experticia en el procedimiento, dada la curva de aprendizaje de este y siempre enfocados en la seguridad del paciente, es indispensable para quienes lo realicen tener el mayor entrenamiento teórico-práctico posible en el manejo del US como en la realización del procedimiento, el cual se logra mediante el uso de simuladores (en su mayoría físicos) y cursos técnicos. La realidad virtual representa en este caso una herramienta útil la cual permite emular de manera más completa las características de una emergencia asegurando la inmersión del estudiante y ofreciendo nuevas representaciones e interacción con el tema que facilitan el proceso formativo.

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad se han venido adaptando estrategias usadas en juegos y actividades lúdicas a los procesos formativos, esto con el objetivo de aumentar el interés de los estudiantes y mejorar los resultados de dicho proceso.

Por esta razón, en este proyecto se desarrolló e implementó una herramienta dedicada a facilitar la enseñanza de los conceptos teórico-prácticos sobre el uso del US y la realización de una canulación vascular central guiada por US, específicamente en la vena yugular, mediante una interfaz de usuario en realidad virtual y apoyada en estrategias de gamificación tales como la implementación de niveles con diferentes complejidades y un ranking dado por insignias de experiencia, donde se llevará a cabo el proceso de enseñanza.

1. Planteamiento del proyecto

1.1. Planteamiento del Problema

La canulación de vena yugular es uno de los procedimientos más importantes dentro de la especialidad de anestesiología y aunque actualmente hay una tasa de éxito mayor al 85% (Imigo, Elgueta, Castillo et al, 2019), siempre se debe estar evaluando las posibilidades para mejorar esa tasa, es por eso que se busca siempre mejorar en las técnicas utilizadas para realizar este procedimiento, y aunque el método que se tiene actualmente es el más adecuado se requiere de práctica para poder lograr una alta precisión, y evitar complicaciones por errores humanos y así aumentar la tasa de éxito del procedimiento. Basado en la información anterior, se realizó una búsqueda de escenarios que ayudaran a reforzar el procedimiento de Canulación de vena yugular, para verificar la información existente acerca de la gamificación en el procedimiento.

Es por eso, que se construyó una herramienta útil, fácil e intuitiva en la que principalmente los estudiantes de anestesiología pueden practicar este procedimiento y tenerlo como un complemento en su campo de entrenamiento, el cual es recibido desde la formación educativa cuando empiezan a estudiar su especialidad.

1.2. Justificación

La prioridad a la hora de realizar cualquier procedimiento médico es la seguridad del paciente, la cual está ligada a la experiencia y conocimiento que tenga el profesional médico sobre dicho procedimiento, esta experiencia y conocimiento se forma a través de la práctica y la repetición, la cual, tradicionalmente se adquiere mediante el uso de simuladores físicos o la práctica en cadáveres (Baique, 2016), pero actualmente y gracias al avance de la tecnología se ha extendido al uso de simuladores virtuales, juegos serios o entornos de realidad virtual como complemento o sustituto de los métodos tradicionales (Tobal, Astesiano, Rodríguez et al, 2019).

Ampliar la variedad de simuladores y entornos de enseñanza en dirección al uso de tecnologías de la información y plataformas virtuales ha sido una forma exitosa de eliminar algunos impedimentos que presentan los medios tradicionales como el precio, la disponibilidad de los equipos, el tiempo y la necesidad de espacios adecuados. Los simuladores virtuales son más fácilmente extendidos entre los estudiantes ofreciéndoles la posibilidad de realizar las prácticas en el momento y lugar que dispongan y la cantidad de veces que les sea necesario para dominar el procedimiento.

En conclusión existen procedimientos complejos que requiere la mayor cantidad de práctica posible antes de pasar a realizarse en pacientes, un ejemplo es la canulación vascular central en vena yugular, y dado que los simuladores físicos tienen limitantes es necesario complementar la enseñanza con simuladores virtuales, por este motivo se desarrolló un escenario en realidad virtual que permite al estudiante de la especialidad de anestesiología repasar los conceptos teóricos y prácticos del procedimiento las veces que le sea necesario hasta retener los pasos y obtener la mayor experticia posible aprovechando los espacios virtuales que están adaptados con las herramientas y condiciones necesarias para asimilar los conocimientos y aplicar el procedimiento. El entorno se validó mediante pruebas con los estudiantes de la especialidad de anestesiología de la Universidad Industrial de Santander.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un escenario en realidad virtual enfocado al procedimiento, canulación de acceso vascular central guiado por ultrasonido, que mejore la adquisición de habilidades técnicas en estudiantes de especialidad médica en anestesiología mediante el uso de estrategias de gamificación.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar las estrategias de gamificación a utilizar para el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta las características del proceso de enseñanza de habilidades para la canulación de acceso vascular central guiado por ultrasonido, en estudiantes de especialidad médica en anestesiología.

Implementar una interfaz de usuario que permita visualizar el ambiente en realidad virtual, que integre las estrategias de gamificación para incentivar el aprendizaje significativo.

Validar el escenario virtual en el proceso de enseñanza de estudiantes de especialidades médicas en anestesiología.

2. Marco de Referencia

En busca de entender el contenido que se desarrolló en el proyecto se describirán los fundamentos teóricos y presentarán los antecedentes del tema.

2.1. Fundamentos Teóricos

A continuación, se definirán los conceptos necesarios que actuaron como soporte para la creación de este proyecto. Las definiciones para tratar son, canulación vascular central guiada por ultrasonido, vena yugular, Ultrasonido, Gamificación y Realidad Mixta.

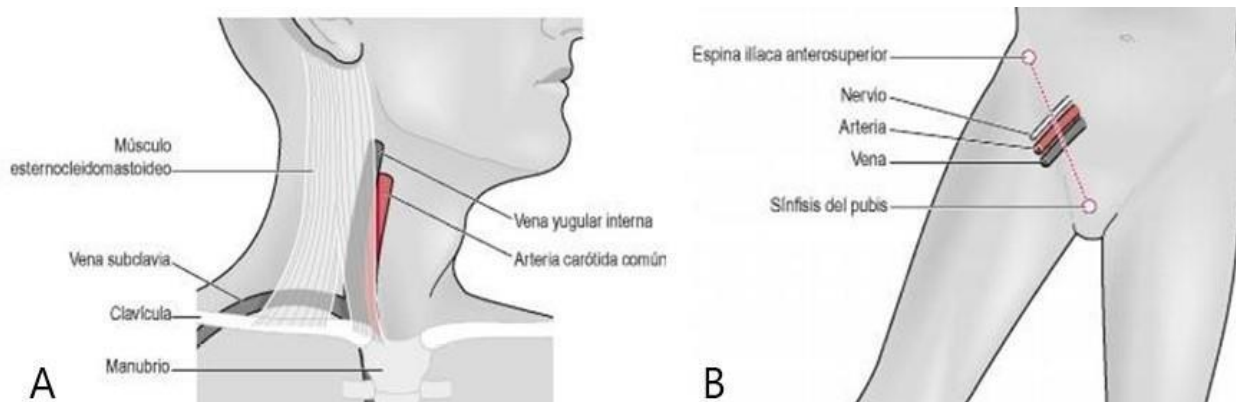
2.1.1. *Canulación Vascular Central guiada por Ultrasonido*

La canulación vascular central es un procedimiento ampliamente usado en salas de emergencias, consiste en realizar la inserción de un catéter biocompatible en el espacio vascular central con el fin de consolidar una vía de suministro de soluciones, fluidos, fármacos vasoactivos y alimentación parenteral, así como realizar pruebas diagnósticas, monitoreo hemodinámico (constantes vitales), reanimación volumétrica, entre otros. La canulación vascular central puede ser realizada de manera tradicional mediante el uso de técnicas de referencia anatómica para ubicar la vena seleccionada y realizar la punción, sin embargo, este método tiene una tasa de complicaciones que va de un 0,3% a un 18,8% (Caballero, Villareal, 2018) dependiendo del estado del paciente, la vía de inserción y el talento humano involucrado. Posibles complicaciones del procedimiento son una colocación incorrecta del catéter, intentos fallidos, punción arterial inadvertida, hematomas locales, embolismo aéreo y en raros casos neumotórax y hemotórax, razón por la cual, en la década de los 70s se dio inicio al uso de US como método de guía para realizar la canulación. La implementación del US al procedimiento es muy recomendada y muestra una reducción en la tasa de complicaciones en un 57%, los intentos fallidos en un 86% y los fracasos en primer intento en un 41% (Caballero, Villareal, 2018). Si bien el uso del US muestra grandes

beneficios para el paciente también requiere de una capacitación adecuada en el manejo del US y del correcto método de inserción del catéter. Para realizar una canulación vascular central se debe iniciar seleccionando la vía idónea para realizar la inserción, esta vía puede ser la vena yugular interna (ver ilustración 1A), la vena subclavia (ver ilustración 1A) o la vena femoral (Ver ilustración 1B), la selección de la vía depende de factores tales como la existencia de contraindicaciones, factores de riesgo en el paciente, la duración del acceso vascular central y características propias de las venas. Cada una de las vías tienen sus ventajas y desventajas: la vena subclavia es una vía fácil de mantener confortable y con una baja tasa de infección, sin embargo, presenta un alto riesgo de neumotórax y mayor dificultad de compresión ante sangrado, la vena femoral es la de más fácil y rápido acceso, lo cual conlleva a una mayor tasa de efectividad y una baja tasa de lesiones vasculares, sin embargo, posee una tasa muy alta de infección asociada al dispositivo y se suele recomendar su uso solo como último recurso y finalmente la vena yugular, en la cual se centrará este proyecto, es de fácil acceso con baja tasa de falla y menor tasa de complicaciones en estructuras adyacentes, sin embargo, puede presentarse punción arterial y tiene una tasa de infección mayor a la que presenta la vena subclavia (Caballero, Villareal, 2018).

Figura 1

Vena yugular, subclavia y femoral

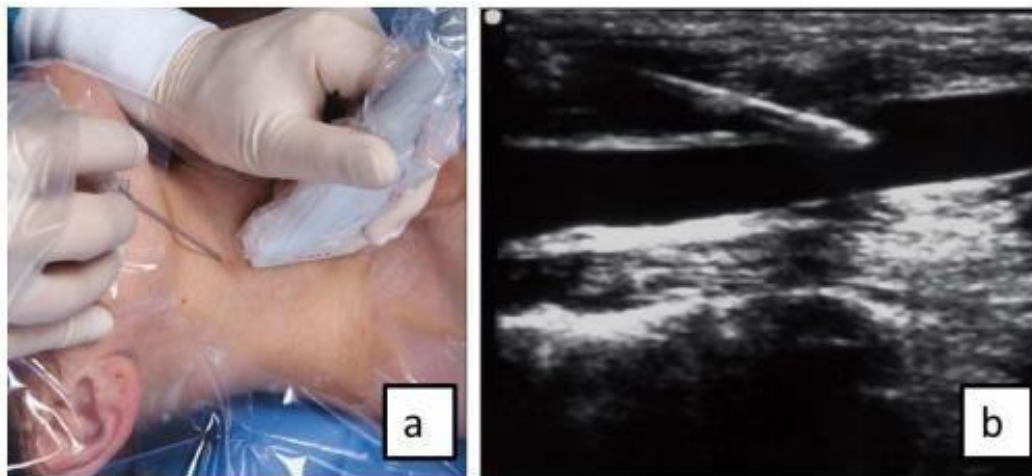


Nota. En la imagen se presenta la vena yugular, subclavia y femoral. Tomado de *ecografía fácil para medicina de urgencia* (p. 114-115), por Bowra, Justin, & McLaughlin, Russell E., 2012.

Una canulación vascular central en vena yugular interna guiada por US (ver ilustración 2) es un procedimiento susceptible a infecciones, motivo por el cual asegurar la asepsia durante su realización es de vital importancia, requiere el uso de método de barrera para evitar el contacto directo del transductor con el paciente mediante fundas especializadas o guantes estériles, además del uso de gel estéril o en su defecto lubricante quirúrgico osuero fisiológico (Imigo, Elgueta, Castillo et al, 2019). Una vez revisada la asepsia se debe ubicar al paciente en posición de trendelemburg a 10° y girar la cabeza al lado contrario al cual se realizará la punción siempre asegurándose de no pasar los 45° con el fin de evitar un colapso venoso, una vez ubicado el paciente se debe situar la zona del triángulo sedillot donde se realizará la punción, y usando la mano no dominante se ubicará la sonda en el área seleccionada y se procederá a identificar en el monitor la vena, la arteria y demás estructuras anatómicas cercanas, una vez determinada la imagen correcta de la estructura correspondiente a la vena yugular se ubicará en el centro del monitor de US y se girará el transductor 90° logrando un plano longitudinal que permitirá ver el trayecto de la vena, se procederá con la mano dominante a insertar la aguja en plano por debajo de la sonda visualizando siempre la punta de la aguja en el monitor, una vez puncionada la vena se retirará la jeringa, se insertará una guía metálica que será visible en el monitor y por último se inserta un dilatador seguido el catéter. Una vez verificado el retorno se fijará y cubrirá la zona (Baique, 2016).

Figura 2

Canulación vascular central en vena yugular guiada por ultrasonido

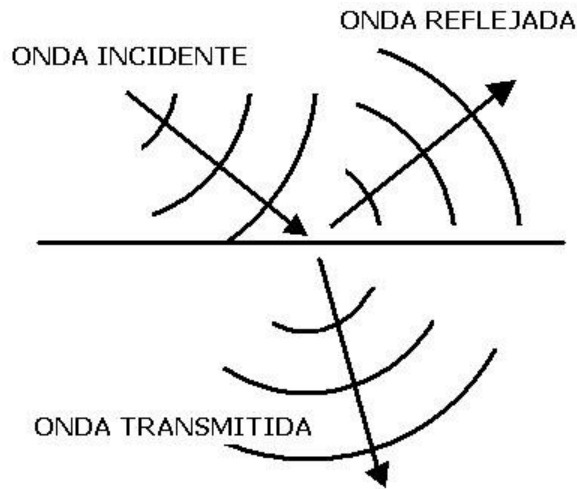


Nota. En la imagen se presenta la técnica y la vista en el ultrasonido de la canulación vascular central en vena yugular guiada por ultrasonido. Tomado de *Procedimientos ecoguiados* (p. 18), por Ignacio O., Angela F., Javier G., Alberto S., Olivia L., José M. Jorge L. 2018

2.1.2. Principios de Ecografía

La ecografía es una herramienta que se ha empleado en la sala de urgencias desde la década de los 70s donde inicialmente se usó para el manejo de pacientes politraumatizados y hoy en día su uso se ha extendido a la exploración, diagnóstico, y como guía en los procedimientos médicos. A continuación, se profundizará sobre el funcionamiento y características de la ecografía.

2.1.2.1. Principios Físicos. Los ultrasonidos son ondas sonoras no perceptibles por el oído humano cuya frecuencia supera los 20.000Hz. La frecuencia de una onda representa la cantidad de ciclos de una onda por unidad de tiempo y para las ecografías se usan frecuencias en un rango de 2Mhz a 10Mhz según la profundidad a la que se encuentre el área de interés, para profundidad más grandes se deberá usar frecuencias más bajas y la imagen generada.

Figura 3*Emisión y recepción de ondas sonoras*

Nota. El gráfico representa la reflexión y transmisión de una onda. Tomado de <https://sites.google.com/site/sonidoymegafonialolicf/tema1/tema1/1-5-mecanismos-de-propagacion-del-sonido>

La impedancia de los tejidos se define como la resistencia que ofrece un tejido al paso de ondas sonoras y puede calcularse al multiplicar la densidad del tejido, que representa lo cerca o lejos que se encuentran las moléculas que lo componen entre sí, por la velocidad del sonido en el medio. Cuando un haz de US cambia entre tejidos de diferente impedancia ocurren tres fenómenos: la atenuación, la refracción y la reflexión. La atenuación es el fenómeno que describe la pérdida de amplitud de la onda al convertir parte de su energía en calor, la refracción describe el cambio de dirección de la onda al cambiar de medio y finalmente la reflexión que describe cómo se genera el eco de la onda al cambiar de medio donde una parte de la onda es reflejada y la otra continúa avanzando.

2.1.3. Construcción de la imagen

Los tejidos en una imagen de US pueden estar entre dos extremos; Hiperecogénicos: tejidos

con gran impedancia que no permiten el paso de los haces de US y reflejan la mayoría o la totalidad de la onda, lo cual resulta en una representación muy brillante. Hipoeoico o anecoico: tejidos con baja impedancia que permiten la transmisión de la onda sonora totalmente o en su mayoría haciendo que no haya eco o sea muy débil, lo cual resulta en una representación oscura o negra en la imagen (Bowra, McLaughlin, 2012).

Los tejidos se ubican en un espectro de ecogenicidad (ver ilustración 4) que va desde hiperecogénico a anecoico, donde los tejidos sólidos como huesos aparecen en blanco, las estructuras blandas como el hígado aparecen en tonalidades grises, los tejidos y órganos llenos de líquido como el útero y la vejiga son más oscuros y finalmente aquellos llenos de gas son de difícil estudio mediante US dado la propiedad del aire para dispersar las ondas sonoras.

Figura 4

Ecogenicidad de tejidos



Nota. En la imagen se presenta la ecogenicidad de los tejidos. Tomado de *Manualde ecografía clínica* (p. 11) Gonzalo G., Juan T. (2012).

Además de la ecogenicidad de los tejidos es importante conocer ciertos artefactos o ruidos que pueden aparecer en las imágenes y cuyo reconocimiento es importante para ayudar al momento de hacer un diagnóstico o procedimiento, algunos de los más importantes son: sombra acústica, refuerzo acústico, reverberación, anisotropía e imagen espejo.

Figura 5

Artefactos Ecográficos



Nota. En la imagen se presentan tres artefactos ecográficos. Tomado de *manual básico de ecografía en Urgencia* (p. 33-35) Urgencia María P., Guido R., Jorge S, 2016.

2.1.3.1. Sombras Acústicas. Se produce cuando el haz de US choca con una superficie hiperecogénica tal como huesos, metales, cálculos, etc.; la cual genera un brillo mayor al esperado y una sombra anecoica detrás (ver ilustración 5A), su presencia es útil para la exploración de vesícula biliar en busca de cálculos, pero también puede ser un problema como en las costillas donde se produce una sombra anecoica que puede impedir la visualización de estructuras profundas (Pavón, Rodríguez de Lema, Short,2016).

2.1.3.2. Refuerzo Acústico. Es contrario a la sombra acústica y se produce cuando un haz de US atraviesa un tejido anecoico como sangre o líquidos que permiten el paso del haz y forman un halo hiperecogénico (Pavón, Rodríguez de Lema, Short,2016) en el tejido posterior (ver ilustración 5B), el refuerzo acústico es común en quistes, la vejiga, y tejido como la próstata, el

útero y los ovarios.

2.1.3.3. Reverberación. Cuando el haz de US cambia entre dos medios de muy diferente impedancia acústica causa un rebote de la onda, regresando a la sonda más de una vez produciendo una imagen con cada reflejo, es común en las separaciones entre sólido y gas como ocurre en el tubo digestivo o los pulmones. Se visualiza como ecos paralelos equidistantes en forma de banda (Pavón, Rodríguez de Lema, Short,2016).

2.1.3.4. Anisotropía. Este se da por las propiedades de algunos tejidos que al variar su ecogenicidad dependiendo del ángulo de incidencia del haz de US (Pavón, Rodríguez de Lema, Short,2016)], un ejemplo serían los tendones se presenta en ecografías musculares.

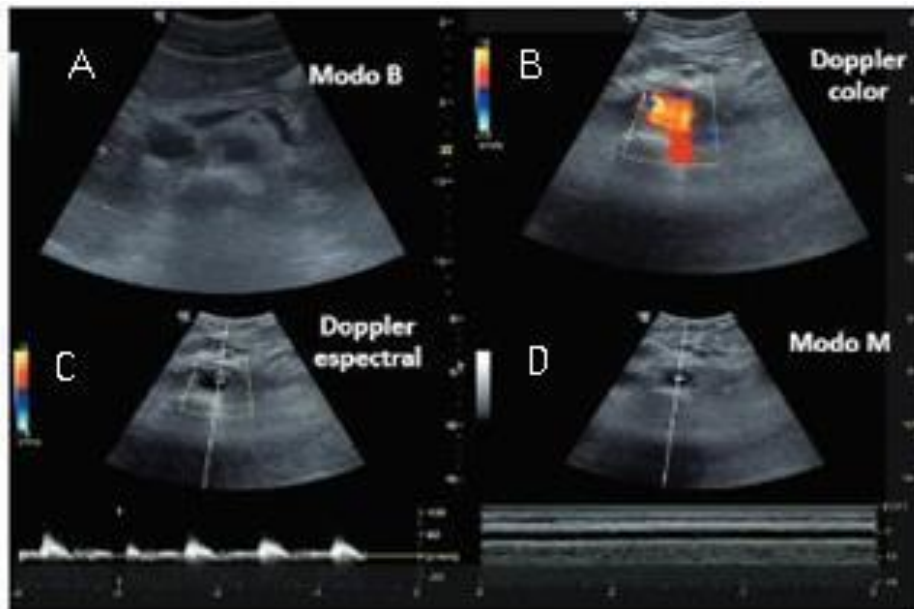
2.1.3.5. Imagen espejo. Ocurre cuando un haz de US choca con una superficie curvilínea hiperecogénica que refleja las ondas cambiando su dirección de tal manera que, al regresar al transductor, se interpreta erróneamente su posición generando una imagen espejo (ver ilustración 5C).

Las imágenes en pantalla pueden ser visualizadas de 3 modos diferentes modo brillo, modo Doppler y modo mono dimensional, El modo B o brillo (ver ilustración 6A) muestra una imagen bidimensional a escala de grises según la intensidad de los ecos y suele ser el estándar, El modo M o mono dimensional (ver ilustración 6D) muestra el movimiento del tejido en el espacio de tiempo, suele ser usado para la revisión de válvulas cardiacas y otros exámenes que requieran verificar movimiento, y finalmente el modo D o Doppler usa el cambio de frecuencia del sonido al chocar con un tejido en movimiento permitiendo calcular la velocidad del tejido, suele ser usado para captar flujos de sangre y para diferencias estructuras vasculares, el modo Doppler puede clasificarse como: el modo Doppler color (ver ilustración 6B) que asigna el color rojo a los flujos que se acercan al transductor y azul al que se aleja, y el modo Doppler pulsado (ver ilustración 6C)

el cual genera una gráfica que será positiva si el flujo se acerca al transductor y negativa si se aleja, así mismo su altura corresponderá a cantidad de flujo analizado.

Figura 6

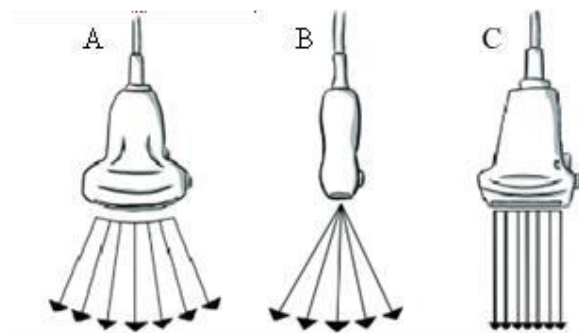
Modos ecográficos



Nota. En la imagen se presenta cuatro modos ecográficos. Tomado de *manual básico de ecografía en urgencia* (p. 32) Urgencia María P., Guido R., Jorge S, 2016.

2.1.4. Transductores

Como se ha mencionado anteriormente para la toma de imágenes de US se requiere de una sonda o transductor que emita y reciba los haces de US. El transductor posee una marca o guía que ayuda a la hora de tomar las imágenes. Existen varios tipos de sondas las cuales son útiles según el examen que se vaya a realizar y en el área de emergencias existen sondas convexas, sectoriales, lineales o intracavitarias.

Figura 7*Tipos de transductores*

Nota. En la imagen se presenta tres tipos de transductores. Tomado de *manual básico de ecografía en urgencia* (p. 22-23) Urgencia María P., Guido R., Jorge S, 2016.

2.1.4.1. Sonda Convexa. También llamado curvilíneos son transductores lineales de baja frecuencia (2-5 MHz) (ver ilustración 7.A) construidos con una curva la cual genera imágenes cónicas y permite ampliar su visión haciéndolos adecuados para la visualización de estructuras más profundas tal como las encontradas en la cavidad abdominal. La imagen resultante es más ancha en la proximidad del cabezal.

2.1.4.2. Sectorial. También llamado de fase es un transductor de frecuencias entre (2–5 MHz) en el cual oscila un campo de US en forma de abanico sobre la región a examinar (ver ilustración 7.B). Las oscilaciones se pueden dar mediante movimiento mecánico al interior del transductor o electrónico mediante un desplazamiento de fases, generando una imagen delgada en la proximidad del transductor y ancha en las más alejadas lo cual se refleja en una mejor calidad de las imágenes más alejadas del cabezal y mala en las más cercanas, es ideal para los estudios ecocardiográficos.

2.1.4.3. Lineal. Producen imágenes rectangulares mediante el uso de haces de US ordenados paralelamente a frecuencias altas de (7-12) MHz (ver ilustración 7.C) produciendo imágenes de alta resolución de las estructuras superficiales y osteomusculares.

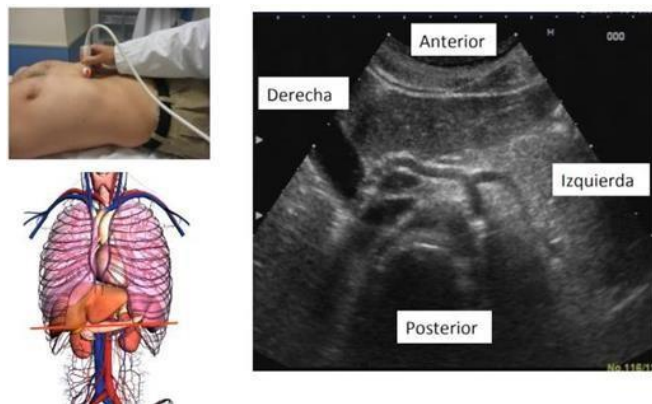
2.1.5. Planos

A la hora de realizar estudios o exámenes mediante US es necesario reducir los infinitos posibles planos que pueden cortar el cuerpo y usar los tres planos fundamentales; plano transversal, plano longitudinal y plano coronal. Cada plano se toma teniendo como referencia los marcadores que se encuentran en el transductor y en el monitor.

2.1.5.1. El plano transversal o axial. Se obtiene al ubicar el transductor en perpendicular al eje mayor del paciente, en este plano el marcador del transductor siempre estará a la derecha del paciente para lograr que se visualice el lado derecho del paciente en el lado izquierdo de la pantalla (ver ilustración 8).

Figura 8

Toma y visualización del plano transversal

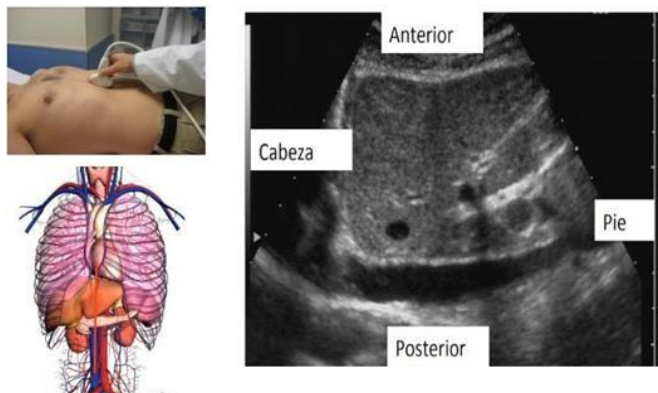


Nota. En la imagen se presenta la forma adecuada de tomar y visualizar el plano transversal. Tomado de *manual de ecográfica clínica* (p. 16) Gonzalo G. Juan T, 2012.

2.1.5.2. El plano longitudinal o sagital. Se obtiene al ubicar el transductor en paralelo al eje mayor del paciente y al asegurar que el marcador del transductor apunte a la cabeza del paciente. La visualización en la pantalla de US debe ser de la siguiente manera, la parte superior o craneal del paciente debe verse en la izquierda de la pantalla mientras la parte inferior o los pies en la parte derecha (ver ilustración 9).

Figura 9

Toma y visualización del plano longitudinal

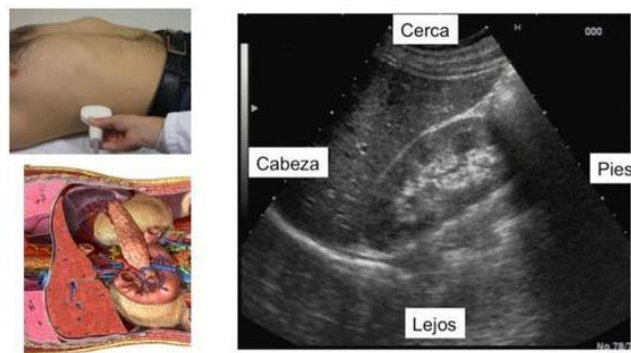


Nota. En la imagen se presenta la forma adecuada de tomar y visualizar el plano longitudinal. Tomado de *manual de ecográfica clínica* (p. 17) Gonzalo G. Juan T, 2012.

2.1.5.3. El plano coronal. Se obtiene al ubicar el transductor en lateral al eje mayor del paciente asegurando que el marcador del transductor apunte a la cabeza del paciente al igual que en el plano sagital además también se puede observar la zona superior del paciente al lado izquierdo de la pantalla y la zona inferior al lado derecho (ver ilustración 10).

Figura 10

Toma y visualización del plano coronal



Nota. En la imagen se presenta la forma adecuada de tomar y visualizar el plano coronal. Tomado de *manual de ecográfica clínica* (p. 18) Gonzalo G. Juan T, 2012.

En las técnicas mecánicas se encuentran, la acumulación de puntos, escalado de niveles, obtención de premios, regalos, clasificaciones, desafíos y misiones o retos. las técnicas dinámicas están conformadas por, las recompensas, estatus, logros y la competición (Ortiz-Colón, Jordán, Agredal, 2017).

2.1.7. Realidad Virtual

Se define como el uso del modelado y la simulación mediante un computador, el cual, le permite a la persona interactuar con un entorno sensorial tridimensional (3D) artificial u otro entorno sensorial. También se puede decir que la realidad virtual es un entorno que sumerge al usuario en un ambiente simulando la realidad mediante interacciones que envían y reciben información.

Figura 12

Realidad virtual



Nota. En la imagen se muestra una ejemplificación del uso de la realidad virtual. Tomado de <https://spinalnewsinternational.com/university-college-hospital-virtual-reality/> (p. 1), 2018.

Para lograr esta inmersión en el escenario y que la experiencia sea esperada, es necesario utilizar accesorios como gafas, auriculares, guantes o trajes para el cuerpo, todo esto con el fin de que el usuario pueda ver, sentir y descubrir el mundo en el que está inmerso teniendo la ilusión de “estar allí”, mediante la telepresencia.

3. Antecedentes del tema

Hablar sobre la canulación de acceso vascular central guiado por ultrasonido es más común al pasar el tiempo a pesar de no ser una práctica fácil de aprender, hoy en día se han realizado estudios y prácticas donde se indica el éxito o facilidad que trae al utilizar el US al momento de realizar una canulación en el acceso vascular central en la vena yugular, sin descartar que en algunas ocasiones es mejor realizar la canulación en la vena subclavia.

Según el artículo de Amaya, Raffán, Niño de Mejía, et al (2018) publicado en la revista Colombiana de Anestesiología, afirmó que realizar la canulación en la vena yugular bajo visión ecográfica tiene ventajas notables como son la menor incidencia de complicaciones en estructuras adyacentes; menor riesgo de complicaciones mecánicas cuando se compara con la subclavia y la facilidad en la que se logra posicionar el catéter sin el requerimiento de radiografía de tórax de control. Además, afirma que los médicos deben estar adecuadamente capacitados en el uso del ecógrafo y con experiencia para utilizar un dispositivo de alta resolución; lo cual requiere de tiempo y práctica para ser aptos en las técnicas a implementar mejorando la seguridad y la competencia en el acceso vascular garantizando el cumplimiento de las normas.

También en el artículo de Álvarez (2011) En la Revista Médica Clínica Los Condes, afirma que, la canulación venosa central guiada por US será adoptada como estándar de cuidado en la práctica clínica, y lo recomendable sería que cada anestesiólogo y/o profesional involucrado con la instalación de dichos catéteres, sean capacitados y estén aptos para realizar esta técnica con el fin de brindar una atención más segura a los pacientes. Continúa diciendo que el US para accesos vasculares ha sido un avance tan importante, así como lo fue para los bloqueos regionales. Sin ningún daño documentado para los pacientes, es cuestionable seguir realizando estudios para comparar el uso de US con técnicas “tradicionales” que tienen mayor número de complicaciones

tanto para el paciente como para el profesional de la salud.

Varios estudios como el realizado por Enríquez, Hernández, et al (2017) de la Universidad de la Salle en México y el del Centro Nacional Hepato-Bilio-Pancreático de Uruguay concuerdan lo descrito anteriormente, diciendo que la mejor forma de realizar la canulación de acceso central es por la vena yugular sabiendo que el procedimiento es eficaz pero que tiene un índice de complicaciones bajas considerando la importancia de esta vena en el cuerpo humano; de igual forma se dice que es necesario tener un óptimo entrenamiento y buen manejo del US si el profesional a cargo de este procedimiento cuenta con estas habilidades la canulación del acceso central en la vena yugular será un método sencillo, seguro y con alta tasa de efectividad.

De igual forma, Ziv, Amitai, Wolpe, et al (2003) dicen que llevar a la práctica mediante simulaciones el procedimiento de canulación de acceso vascular central guiado por US tiene igual importancia que la misma técnica. Practicar a través de simulaciones dicho procedimiento antes de realizarlo en pacientes reales, hace que el éxito en la implementación de esta técnica aumente y de la misma forma su tasa de procedimientos fallidos disminuya notablemente; la razón principal es que “el uso de las simulaciones permitiría preservar la seguridad y el respeto por la intimidad de los pacientes, al tiempo que mejora la formación de los profesionales, lo que contribuye a resolver este conflicto ético”.

En relación a lo escrito anteriormente, se han formado a los residentes de la siguiente forma, primero entregan toda la información teórico-práctica al médico, después hacen pruebas y entrenamiento en simuladores que emulan el procedimiento y por último llevan a cabo el procedimiento en pacientes reales, así como lo afirma, la Revista Médica de Uruguay (2016), después de realizar un estudio concluyeron que el uso de simuladores en la ejecución de los procedimientos genera un alto nivel de confianza en los médicos, a su vez, adquirieron destreza y

agilidad en las maniobras necesarias para el procedimiento, dando como resultado una baja tasa de complicaciones.

En Tenerife, la Sociedad Canaria de Pediatría. López, Pérez, Graña, et al (2019), añade que la simulación de la canulación central tanto en niños como adultos disminuye el estrés que puede sentir el médico en la realización del procedimiento, esto se debe a que el médico no va a realizar una nueva técnica en los pacientes sin antes tener entrenamientos de esta. Y es por eso por lo que también afirman, que la simulación debe ser muy parecida a la realidad, así el médico sabe a qué se puede enfrentar al momento de realizar en pacientes reales dicho procedimiento.

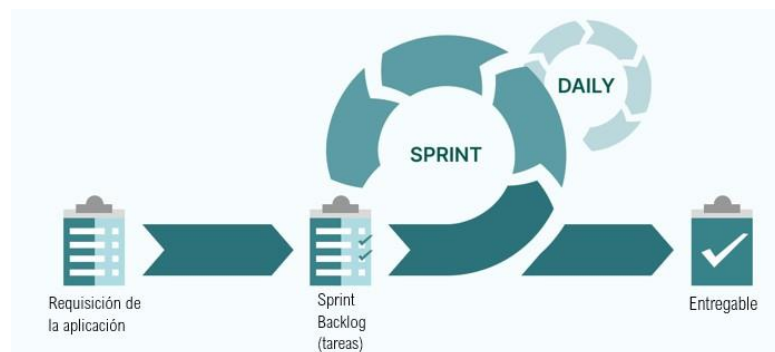
4. Metodología

En este capítulo se presenta detalladamente las tareas realizadas en cada una de las fases de la metodología planteadas en el documento inicial del proyecto.

Dadas las características del proyecto se propuso usar la metodología ágil de desarrollo de software Scrum, que permite mantener control en el avance del proyecto, así como un constante proceso de realimentación gracias a las reuniones periódicas y entregas parciales como se puede observar en la ilustración 13. Cada entrega proporciona un avance y requiere compromiso por parte de los miembros del equipo, además permite cierta flexibilidad y adaptación según los requisitos y necesidades de los médicos.

Figura 13

Marco de Trabajo SCRUM.



Nota. En la imagen se muestra el diagrama correspondiente a la metodología SCRUM. Tomado de *GANTTPRO* <https://blog.ganttpro.com/es/marco-scrum-metodologia-agil/> (p. 1), Anastasia Stsepanets, 2022.

4.1. Etapas de la metodología

4.1.1. Profundización y capacitación del tema

Esta etapa se dedicó en su totalidad a consultar e investigar en diversos medios cómo fuentes bibliográficas, documentación y asesoría brindada por el codirector, material encontrado

en internet y bases de datos la información requerida para llevar a cabo el proceso de profundización en los conocimientos teórico-prácticos relacionados con los siguientes conceptos: Ultrasonido, Canulación Vascular Central, Gamificación y Realidad Virtual.

Así mismo se planteó las estrategias de gamificación utilizadas en la herramienta después de revisar la documentación acerca de la gamificación y la capacitación obtenida sobre el proceso de enseñanza de la canulación vascular central guiada por ultrasonido.

4.1.2. Diseño de Aplicación

Esta etapa del proyecto se dedicó al diseño de la interfaz en realidad virtual usando plataformas para el diseño de modelos UML como draw.io y editores de texto como Word, para ello se realizaron las siguientes actividades:

4.1.2.1. Levantamiento de requerimientos de la interfaz. Se crearon los requerimientos funcionales y no funcionales que se deben implementar en la interfaz, estos requerimientos fueron realizados con base en la información y las necesidades expuestas por el profesional médico encargado.

4.1.2.1.1. Requerimientos Funcionales.

Tabla 1

Requerimiento Funcional Número 1

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF01
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Registrar sesión.
CARACTERÍSTICAS	Los usuarios deberán registrarse para poder acceder al escenario virtual.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El sistema permitirá al usuario registrar la sesión para poder dar inicio al escenario.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

Tabla 2

Requerimiento Funcional Número 2

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF02
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Seleccionar sesión.
CARACTERÍSTICAS	Los usuarios pueden seleccionar sesiones existentes para poder acceder al escenario virtual.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El sistema permitirá al usuario seleccionar la sesión o sesiones existentes para poder dar inicio al escenario virtual.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

Tabla 3

Requerimiento Funcional Número 3

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF03
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Eliminar sesión.
CARACTERÍSTICAS	Los usuarios podrán eliminar las sesiones existentes.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	Los usuarios podrán eliminar las sesiones ya creadas con el fin de eliminar su progreso y/o almacenamiento.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Media.

Tabla 4

Requerimiento Funcional Número 4

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF04
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Crear gráfica de estadísticas
CARACTERÍSTICAS	Permite a los jugadores visualizar las estadísticas obtenidas al momento.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	Mostrar una gráfica con la puntuación y tiempo obtenido en cada uno de los niveles o en las actividades realizadas por el jugador.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta

Tabla 5

Requerimiento Funcional Número 5

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF05
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Gestionar puntuación del jugador.
CARACTERÍSTICAS	Calcular y guardar información sobre la puntuación del jugador.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El sistema arrojará los datos obtenidos durante el desarrollo del nivel, mostrando la puntuación del jugador por niveles y actividades, además de clasificarlos por promedio, mejor puntuación o todas las repeticiones realizadas por nivel.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

Tabla 6

Requerimiento Funcional Número 6

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF06
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Gestionar tiempo jugador.
CARACTERÍSTICAS	Calcular y guardar información sobre el tiempo del jugador.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El sistema arrojará los datos obtenidos durante el desarrollo del nivel, mostrando la puntuación del jugador por niveles y actividades, además de clasificarlos por promedio, mejor puntuación o todas las repeticiones realizadas por nivel.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

Tabla 7

Requerimiento Funcional Número 7

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF07
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Iniciar nivel.
CARACTERÍSTICAS	Empezar simulación de caso a trabajar.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El estudiante iniciará los niveles a trabajar, este lo llevará a un escenario inmersivo que simulará el caso sobre la canulación de vena yugular y/o la información definición necesaria para llevar a cabo el procedimiento.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

Tabla 8

Requerimiento Funcional Número 8

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF08
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Visualizar resultados.
CARACTERÍSTICAS	El jugador podrá observar las puntuaciones obtenidas.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El sistema permite observar los resultados obtenidos durante el desarrollo del caso y también Ver un historial de puntuaciones detallado tanto a estudiantes como a profesores.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

Tabla 9

Requerimiento Funcional Número 9

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF09
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Crear gráfica de estadísticas
CARACTERÍSTICAS	Permite a los jugadores visualizar las estadísticas obtenidas al momento.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	Mostrar una gráfica con la puntuación y tiempo obtenido en cada uno de los niveles o en las actividades realizadas por el jugador.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta

Tabla 10

Requerimiento Funcional Número 10

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF010
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Visualizar el progreso del escenario.
CARACTERÍSTICAS	Permite a los jugadores visualizar el progreso obtenido al momento.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	Mostrar en una gráfica (mapa) y en el panel de usuario el progreso obtenido en la sesión por el jugador con una puntuación asociada al mismo.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta

Tabla 11

Requerimiento Funcional Número 11

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF11
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Visualizar los logros obtenidos
CARACTERÍSTICAS	Permite a los jugadores visualizar los logros obtenidos al momento.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	Mostrar en el panel de usuario los logros obtenidos en la sesión por el jugador.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta

Tabla 12

Requerimiento Funcional Número 12

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RF12
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Interactuar con los objetos del escenario
CARACTERÍSTICAS	Permite a los jugadores manipular los objetos en el escenario.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	Permite a los jugadores mover, seleccionar y usar los objetos necesarios para realizar la canulación de vena yugular en un paciente.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta

4.1.2.1.2. Requerimientos No Funcionales.

Tabla 13

Requerimiento No Funcional Número 1.

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RFN01
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Interfaz del sistema.
CARACTERÍSTICAS	El sistema presentará una interfaz para el jugador que sea amigable.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El sistema deberá tener una interfaz amigable, intuitiva y sencilla.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

Tabla 14

Requerimiento No Funcional Número 2.

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RFN02
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Tiempos de respuestas rápidos.
CARACTERÍSTICAS	El sistema deberá ser ágil.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El sistema deberá tener un peso mínimo para garantizar tiempos rápidos de respuesta ante cualquier situación.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

Tabla 15

Requerimiento No Funcional Número 3.

IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO	RFN03
NOMBRE DEL REQUERIMIENTO	Fácil acceso.
CARACTERÍSTICAS	El sistema debe ser sencillo de acceder.
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	El software deberá ser de fácil acceso para los jugadores.
PRIORIDAD DEL REQUERIMIENTO	Alta.

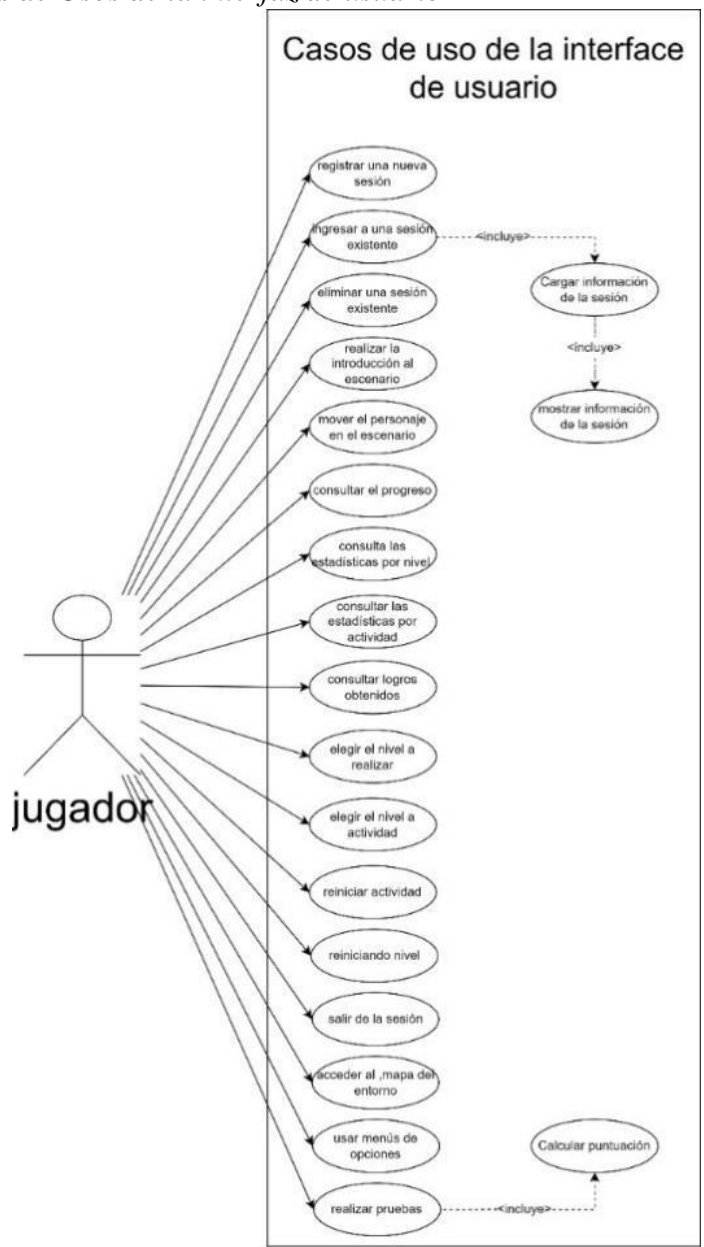
4.1.2.2. Diagramas de Casos de Uso. El diagrama de casos de uso representa la forma en como los usuarios o actor (Estudiante) interactúa con el escenario, además de la manera y los pasos a seguir para interactuar entre cada uno de los elementos (casos de uso); en este proyecto solo se contempla un actor.

Los casos de uso son las actividades detalladas que se realizan en la interfaz y se plantean teniendo como referente los requerimientos programados y las necesidades planteadas por el Md. Henry Jair Mayorga, Anestesiólogo. A continuación, se mostrará la relación del actor con el

escenario y los diferentes casos de uso relacionados anteriormente.

Figura 14

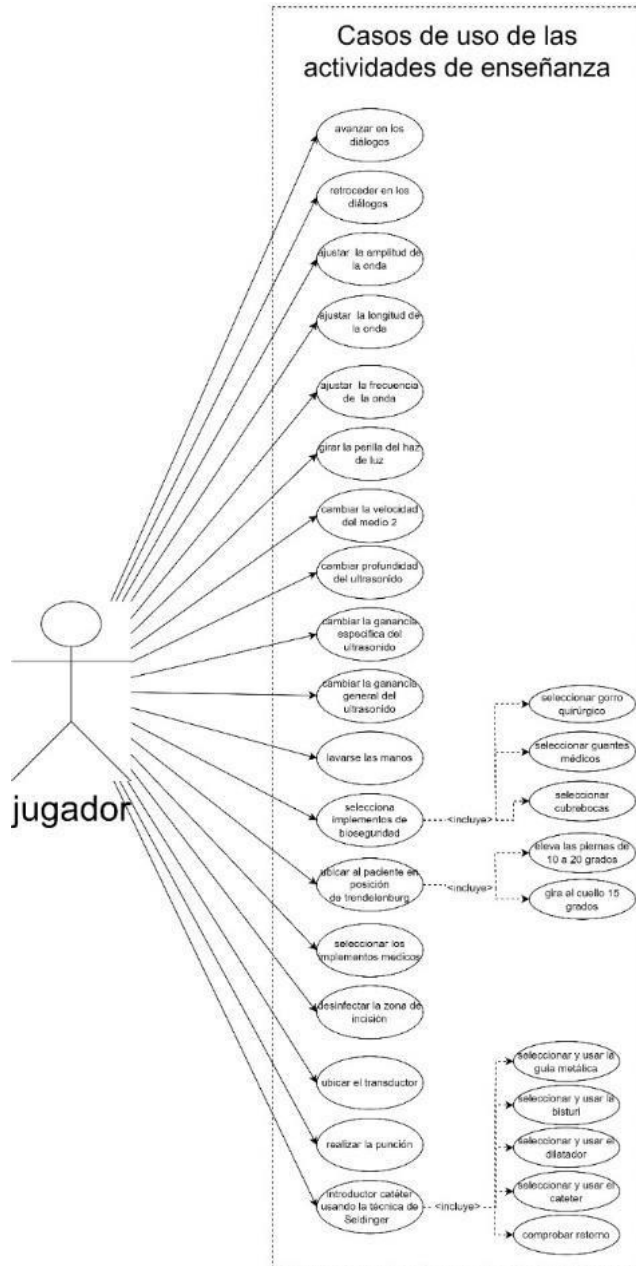
Diagrama Casos de Usos de la interfaz de usuario



Nota. En la imagen se muestra el diagrama de caso de uso de la interfaz por usuario. Creado por Autores del proyecto

Figura 15

Diagrama Casos de Uso de las actividades de enseñanza



Nota. En la imagen se muestra el diagrama de caso de uso de las actividades de enseñanza. Creado por *Autores del proyecto*

4.1.2.3. Análisis del Alumno

4.1.2.3.1. Tipo de Estudiante. Médicos estudiantes de primer año de especialidad en anestesiología de la Universidad Industrial de Santander o personas interesadas en repasar el procedimiento de la canulación de vena yugular.

4.1.2.3.2. Manejo de Herramientas de Gamificación. Para el manejo de las herramientas de gamificación se discutió cuáles eran las herramientas aptas y acordes al tipo de conocimiento que se quiere lograr en los estudiantes con este escenario.

4.1.2.3.3. Grado de Escolaridad. Los usuarios que van a usar la aplicación son graduados del pregrado de medicina.

4.1.2.3.4. Motivación. Apoyar en el aprendizaje que tienen los estudiantes de medicina al realizar el proceso de canulación de vena yugular, reforzar sus conocimientos y prácticas en el mismo y apoyar el auto aprendizaje de las personas con el fin de generar más confianza a la hora de enfrentarse a un caso de estos.

4.1.2.3.5. Conocimientos. Las personas cuentan con una base fundamentada sobre el tema adquirido durante la especialidad de anestesiología. Además, al ser profesionales manejan el lenguaje técnico del área.

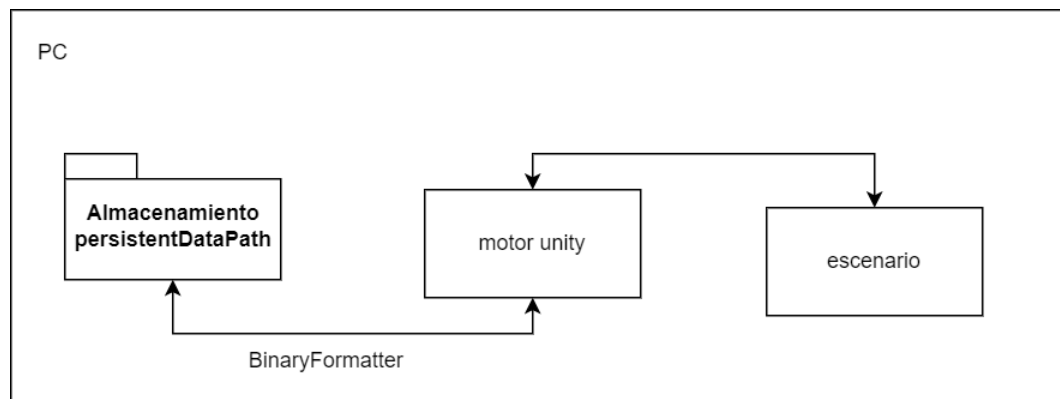
4.1.2.4. Diseño de la Base de Datos. En esta fase se optó por no utilizar una base de datos para el manejo de la información de la interfaz, y se decidió almacenar la información mediante un archivo plano serializado en formato binario que se almacena en la ruta de un directorio de datos persistentes en el disco del computador donde se va a correr el escenario virtual.

4.1.2.5. Análisis del Entorno. Considerando los requerimientos de la herramienta y los planteamientos de este, se garantizó el amplio alcance del proyecto, además, teniendo en cuenta que la aplicación es de fácil portabilidad, era necesario que todos los modelos y estructuras que se

usan en el escenario simulado sean lo más livianos posibles. De igual forma, se tuvo en cuenta que la población que va a utilizar el escenario puede tener poco acercamiento a la gamificación y a los juegos serios, el aplicativo debía ser amigable y de fácil comprensión para las personas.

4.1.2.6. Arquitectura de la Aplicación. En esta etapa se planteó la arquitectura requerida de la aplicación teniendo en cuenta los requerimientos funcionales y no funcionales descritos en el ítem 4.1.2.1. a cumplir y además se hizo un diseño de casos de usos que explican de una manera más detallada la secuencia de acciones que da lugar a la herramienta y a su vez proporcionan una estructura para expresar los requisitos funcionales en el contexto de procesos del sistema.

4.1.2.6.1. Almacenamiento de información temporal. Para el almacenamiento de los datos del escenario se utilizó un archivo de texto plano el cual se crea al guardar la sesión y mantiene la información serializada en formato binario, para leer o editar la información del archivo se deserializa mediante la clase BinaryFormatter y se asigna a un elemento de clase Session y para guardar los datos se serializa el elemento y se asigna al archivo correspondiente, el archivo serializado se nombra con el número de sesión y la extensión '.d' ejemplo, 0.d. y almacena la información de la sesión incluida el logo, nombre de usuario, el progreso, los logros obtenidos, el nivel actual, la actividad actual, las estadísticas de niveles y actividades en formato json, entre otros datos.

Figura 16*Arquitectura de la interfaz.*

Nota. En la imagen se muestra el diagrama de arquitectura de la interface. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3. Desarrollo de la interfaz

Esta etapa del proyecto se dedicó al desarrollo de la interfaz en realidad virtual usando la plataforma Unity y su módulo de diseño 3D, para ello se plantearon las siguientes actividades:

4.1.3.1. Búsqueda y construcción de elementos visuales. Comprende la búsqueda o creación de Assets y elementos visuales requeridos por la interfaz para cumplir con sus requerimientos, se diseñaron tres espacios diferente dentro del escenario: la sala de introducción, la sala de enseñanza física y la sala de enseñanza del procedimiento.

4.1.3.2. Programación de requerimientos e inclusión de las estrategias de gamificación. Desarrollo e implementación de las funcionalidades y estrategias de gamificación planteadas anteriormente mediante el uso de la plataforma Unity, las cuales se integraron con los resultados obtenidos en la etapa de tratamiento de datos.

4.1.3.2.1. Búsqueda y Selección de Elementos de Gamificación. En esta fase se eligieron las mecánicas, dinámicas y componentes de la gamificación con base a los objetivos y

requerimientos del escenario, buscando los elementos adecuados para implementar, teniendo en cuenta la teoría de juegos y la mecánica del juego.

Los componentes son los recursos con los que se cuentan y las herramientas que se utilizan para diseñar una actividad en la práctica de la gamificación, en cambio, las mecánicas en la gamificación hacen referencia a los componentes básicos del juego, sus reglas y funcionamiento.

Finalmente, las dinámicas se crean dependiendo a las mecánicas establecidas, ya que dependiendo de la mecánica se escoge la forma en la que se utilizarán las dinámicas; además que es la encargada de llevar la motivación de nuestros usuarios. A continuación, se encontrará las dinámicas, mecánicas y componentes a implementar.

Tabla 16

Tabla de las estrategias utilizadas en la aplicación.

MECÁNICAS	DINÁMICAS	COMPONENTES
Acumulación de Puntos	Recompensa	Medallas
Escalado de Niveles	Logro	Tutorial
Misiones o retos	Retroalimentación	Mapa
Prueba y error	Progreso	Puntos
	Estructura de recompensas	

Dentro de las Mecánicas encontramos la acumulación de puntos, escala de niveles, las misiones o retos, la prueba y error.

La acumulación de puntos se encuentra en cada actividad que se tiene en cada uno de los niveles, ya sea con las lecciones, la retroalimentación de las lecciones o la práctica de la simulación, los puntos están divididos por actividad, de cada actividad se puede obtener un total de 100 puntos que se reparten entre los ejercicios de cada actividad; en las actividades 5,6,7,10,11

y 12 se encuentra la división del puntaje, está dado entre los ejercicios que contienen, depende de la importancia o la complejidad de cada uno, a diferencia de las otras actividades a las que se le asigna el puntaje al culminar la actividad.

El escalado de niveles se evidencia cuando el usuario supera cada nivel, si no se supera el nivel actual no se puede continuar al siguiente y así sucesivamente hasta llegar al último nivel que es la simulación de la “Canulación de la Vena Yugular guiada por Ultrasonido”.

Para culminar un nivel se requiere realizar las Misiones o Retos de cada actividad sin necesidad de obtener un puntaje fijo, sin embargo, para obtener la medalla correspondiente al nivel sí se debe conseguir un puntaje mínimo el cual es diferente según la complejidad y tope máximo de puntos de un nivel, para culminar el escenario es necesario obtener las 5 medallas que se muestran en la ilustración 17.

Las actividades y niveles pueden ser repetidos las veces que el usuario considere necesarias para adquirir el conocimiento, incluso una vez finalizado el escenario se permite que mediante el mapa (se hablará un poco más del mapa en el ítem 4.1.3.4.6.), el usuario repita el nivel y actividad que necesite.

En las dinámicas se encuentran las recompensas, logros, retroalimentación, progreso, estructura de recompensas. Los logros, recompensas y la estructura de referencias se evidencian mediante los logros y medallas entregadas por la culminación y aprobación de un nivel, así como el refuerzo sonoro al culminar el escenario.

La retroalimentación se evidencia mediante los refuerzos sonoros que se dan al realizar un ejercicio correctamente o al errarlo, en los niveles 10, 11 y 12 se evidencia mediante una lista con los ejercicios donde se puede visualizar mediante colores, en rojo aquellos que no se hicieron, en naranja aquellos que quedaron mal y en verde los que se realizaron correctamente. Los ejercicios

que quedaron mal o no se hicieron tienen información adicional sobre la importancia del ejercicio o de lo que se hizo mal.

El progreso se aplica mediante el mapa, el cual, a medida que se aprueban los niveles se activan los botones y aparece el logo del nivel que se ha completado y el panel de estadística que permite revisar el desempeño histórico de los niveles y actividades.

En los componentes se encuentran los tutoriales, medallas, puntos y mapa. Los tutoriales se implementaron a lo largo del escenario en cada uno de los niveles dando las instrucciones y acciones que el usuario debe hacer en cada uno de ellos, las medallas se dan cuando se obtiene un puntaje determinado, depende de cada nivel cuál es ese puntaje y el mapa se implementa como una opción para facilitar al usuario la visualización del escenario y la navegación a través de este.

Figura 17

Medallas por logros



Nota. En la imagen se muestran las 5 medallas que se entregan a los usuarios al culminar exitosamente un nivel. Creado por *Autores del proyecto*.

Con el planteamiento, desarrollo e implementación de estas herramientas de gamificación en el escenario médico inicial, se está cumpliendo el primer objetivo planteado dentro de los objetivos específicos del proyecto.

4.1.3.3. Herramientas de Software. Las herramientas que se implementaron para el desarrollo de este escenario de gamificación virtual son los siguientes:

4.1.3.3.1. Unity. Es una herramienta multiplataforma que se ha convertido en el motor principal para el desarrollo de juegos y videojuegos, lo que permite el desarrollo de estos para diferentes consolas y dispositivos desde un mismo desarrollo, sin tener que crear códigos o desarrollos personalizados cada plataforma. Al ser capaz de compilar para diferentes plataformas, permite crear videojuegos para la web, móviles, consolas, Smart TV e incluso para dispositivos que son utilizados en la realidad aumentada, de manera que se puede considerar una herramienta de desarrollo universal facilitando y ahorrando tiempo y dinero a programadores y desarrolladores independientes.

4.1.3.3.2. Blender. Es un software multiplataforma de uso gratuito que se especializa a la ilustración y diseño de gráficos en diferentes dimensiones, ejemplificado, renderizado, en otras palabras, permite crear una imagen digital a partir de un modelo ya sea en 2D o 3D, corrigiendo iluminación y animaciones., que su uso es gratuito; lo cual fue de gran ayuda para una gran parte del diseño del escenario.

4.1.3.3.3. Canva. Es una herramienta en la web con edición gratuita y paga para la creación, edición y modificación de imágenes planas utilizada especialmente en computadores, permitiendo crear diferentes diseños personales, educativos y profesionales. En este proyecto fue usado para la creación de imágenes planas.

4.1.3.4. Diseño y funcionalidad de la Aplicación. A continuación, se podrá observar las diferentes interfaces gráficas del proyecto, explicadas con su debido funcionamiento bajo los requerimientos planteados.

4.1.3.4.1. Creación de los niveles para la interfaz. Para la definición de los niveles que se utilizaron en el escenario médico se realizó un primer análisis de cuál era la información importante para la correcta realización del procedimiento “Canulación de Vena Yugular guiada

por Ultrasonido”, esto se realizó con ayuda del Md. Henry Jahir Mayorga, se tuvieron varias sesiones en las que primero se definieron los nombres de los niveles que se utilizarían y se llegó a la conclusión que serían cinco (5): Introducción, Física, Ultrasonido, Canulación y Examen Final.

El nivel Introducción es el primer nivel que aparece después de crear una nueva sesión, se desarrolla en una habitación ambientada como una sala de espera en un consultorio médico y se encarga de explicar cuáles son las herramientas que brinda el escenario, cuál es su funcionalidad y como se puede interactuar con ellas.

El nivel Física es el primer nivel teórico, se desarrolla en una habitación ambientada como un salón de clases con su respectivo tablero para facilitar la visualización de información sobre los principios físicos de amplitud, longitud de onda, frecuencia, periodo, refracción y reflexión.

El nivel Ultrasonido es un nivel teórico que se desarrolla en una habitación ambientada como sala de hospital y tiene los elementos necesarios para la enseñanza del funcionamiento de los transductores, los tipos de transductores, la ecogenicidad de tejidos, los planos ecográficos, los movimientos y el uso de los botones de la máquina de US.

El nivel Canulación es un nivel teórico-práctico, que muestra cómo realizar el procedimiento paso a paso, de igual forma permite identificar los instrumentos que se necesitan.

El ultimo nivel Examen Final es el nivel donde se aplica lo aprendido durante cada uno de los niveles anteriores para lograr realizar el procedimiento sin la guía del escenario.

4.1.3.4.2. Pantalla de inicio. Esta es la primera interfaz con la que el usuario se encontrará al iniciar la aplicación, cuenta con un botón para cerrar el escenario en la parte superior derecha, y dos botones en el panel central que permiten elegir entre crear una nueva sesión o elegir una sesión preexistente. En la ilustración 18 se ve el panel para crear una nueva sesión con un campo de texto donde se escribe el nombre del usuario, dos imágenes para elegir un avatar y el botón

“Next” para continuar, el cual se habilita solo cuando el nombre tiene más de tres caracteres y se ha seleccionado un avatar. En la ilustración 19 se ve el panel donde se listan todas las sesiones existentes en orden de creación y que permite seleccionar una para continuar con su progreso o eliminarla seleccionando el botón con el icono de cesto de basura.

Figura 18

Interfaz Inicio – Crear Usuario



Nota. En la imagen se muestra la pantalla para la creación de un usuario. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 19

Interfaz Inicio – Seleccionar Usuario



Nota. En la imagen se muestra la pantalla para la selección de una sesión previa. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3.4.3. Pantalla de Inicio del Escenario. En la pantalla siempre se visualizarán 4 botones y dos paneles que permiten obtener información e interactuar con el escenario, los botones se disponen de la siguiente manera: en la esquina superior izquierda se encuentran de izquierda a derecha el botón de home y el mapa del escenario, en la esquina superior derecha se encuentra el perfil del usuario y en la esquina inferior derecha de la pantalla el reinicio de actividades y niveles. Los paneles se disponen de la siguiente manera: en la parte superior el cronometro que muestra el tiempo que ha pasado desde que inicio el nivel y en la parte inferior el panel de dialogo en el cual se muestra instrucciones y diálogos.

Figura 20

Pantalla de Inicio del Escenario



Nota. En la imagen se muestra la visualización del escenario al iniciar el primer nivel. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3.4.4. Botón de Home. En el botón de home se encuentran cuatro opciones: estadísticas que se explicará en la siguiente sección, la calculadora que sirve para hacer operaciones básicas, guardar proceso que sirve para guardar lo que lleva el usuario hasta el momento del escenario y cerrar sesión para terminar la sesión y regresa al usuario al inicio de sesión.

Figura 21

Botón de Home



Nota. En la imagen se muestra la visualización del menú principal. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3.4.5. Estadísticas. En esta interfaz se puede observar las estadísticas de los niveles y actividades como se observa en la ilustración 22, la visualización puede hacerse según los puntos obtenidos o el tiempo que tardo en completarse como se observa en la ilustración 23, además se puede visualizar las estadísticas según el promedio de todas las repeticiones, la mejor de todas las repeticiones, o por cada una de la repetición como se muestra en la ilustración 24, en caso de seleccionar la visualización por repeticiones se mostrará una lista desplegable con cada nivel o actividad según el caso para que se seleccione de la cual se quiere obtener las estadísticas.

Figura 22

Estadísticas Generales



Nota. En la imagen se muestra la visualización del menú estadísticas. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 23

Tipos de Filtro en estadísticas 1



Nota. En la imagen se muestra la visualización de uno de los filtros del menú de estadísticas. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 24

Tipos de Estadísticas 2.



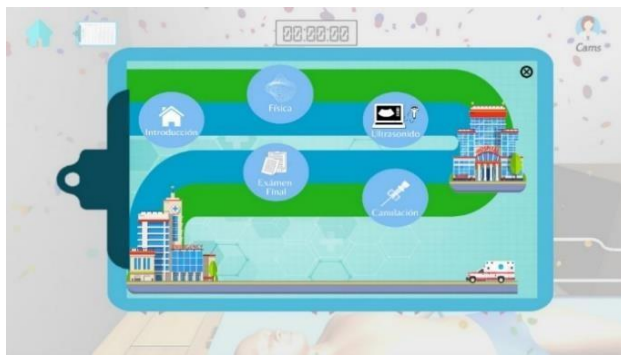
Nota. En la imagen se muestra la visualización de uno de los filtros del menú de estadísticas. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3.4.6. Mapa o Planos del Escenario. En este módulo se puede observar los niveles

que se han cursado como se observa en la ilustración 24, se selecciona el nivel que se desea repetir y luego aparece otra modulo, que se observa en la ilustración 25, donde se listan las actividades correspondientes al nivel seleccionado, al seleccionar la actividad aparece otro módulo, como se observa en la ilustración 26, donde se realiza la confirmación de que es la actividad que se quiere repetir.

Figura 25

Mapa del Escenario



Nota. En la imagen se muestra la visualización del mapa por niveles. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 26

Actividades del nivel



Nota. En la imagen se muestra la visualización del mapa por actividades del nivel física. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 27

Confirmación para repetir nivel

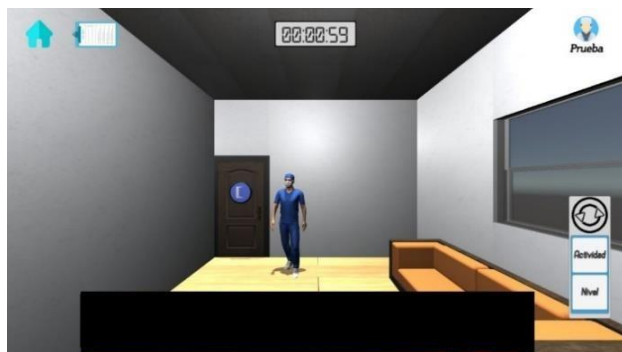


Nota. En la imagen se muestra la visualización del letrero de confirmación que se muestra al cambiar de nivel. Creado por *Autores del proyecto*.

4.1.3.4.7. Reinicio de Nivel o Actividad. Una vez el estudiante esté interactuando con el nivel podrá dar clic en la esquina inferior derecha y dar clic en “Nivel” para realizar un reinicio del nivel completo o dar clic en “Actividad” para hacer un reinicio de la actividad que se encuentra actualmente en el nivel.

Figura 28

Escenario Simulado



Nota. En la imagen se muestra el primer escenario al que tiene acceso el jugador. Creado por *Autores del proyecto*.

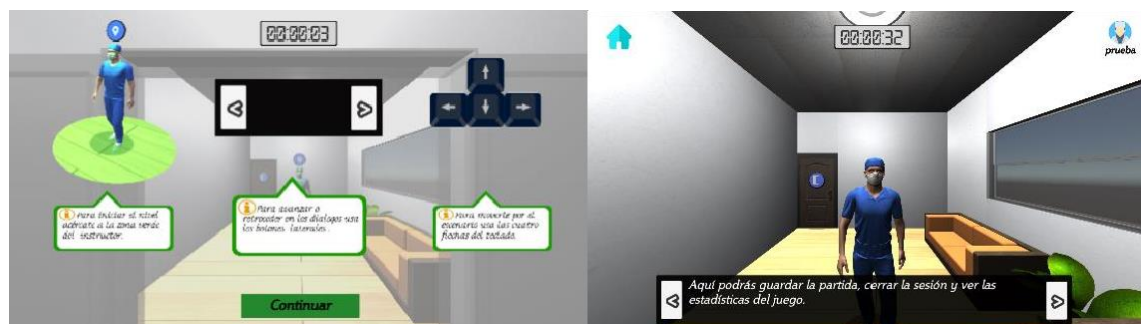
A continuación, se hará una descripción de cada uno de los niveles, como se interactúa en

ellos, su estructura, la distribución de puntos, su funcionalidad y particularidades que se encuentra en cada uno de ellos.

4.1.3.4.8. Nivel 0 – Introducción. Es el primer nivel que ve el usuario al iniciar una sesión, el nivel se desarrolla en una sala de espera de un consultorio médico como se ve en la ilustración 29 y cuenta con una sola actividad que asigna 100 puntos al completarse, así como el logro y medalla introducción. Este nivel se encarga de mostrar al usuario como interactuar con el escenario, como moverse y como interactuar con el instructor como se muestra en la ilustración 29, además enseña cada botón del escenario y su funcionalidad mediante ejemplos, diálogos y viñetas que aparecen únicamente en este nivel y muestran información sobre la función del botón.

Figura 29

Nivel 0 Introducción al escenario separado en dos vistas



Nota. En la imagen al lado izquierdo se muestran las instrucciones de interacción el primer escenario y en al lado derecho una vista de la sala. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3.4.9. Nivel 1 - Física. Este nivel se desarrolla en un aula de clase como se muestra en la ilustración 30, cuenta con un tablero para mostrar información teórica sobre los conceptos de cada actividad, un simulador físico de onda que permite visualizar cómo cada concepto afecta el comportamiento de la onda y un simulador físico de refracción y reflexión. El nivel se divide en 4 actividades teóricas y una actividad evaluativa, la actividad 1 introduce al usuario a la temática de principios físicos, la actividad 2 enseña sobre el periodo y la frecuencia, la actividad 3 enseña sobre

la amplitud y longitud de onda, la actividad 4 enseña los fenómenos de refracción y reflexión, finalmente la actividad 5 evalúa lo aprendido en el nivel mediante 3 ejercicios evaluativos: dos puntos selección múltiple sobre los conceptos de amplitud y longitud de onda, cada uno da 15 puntos, un crucigrama que evalúa los conceptos de manejados en el nivel el cual da 40 puntos y un ejercicios de selección sobre la refracción y reflexión que da 30 puntos. Cada nivel teórico da 100 puntos al culminarse mientras el evaluativo dará los puntos obtenidos en los ejercicios, el puntaje máximo posible en este nivel es de 500 y para obtener el logro y medalla física debe tener al menos 475 puntos.

Figura 30

Nivel 1 Física



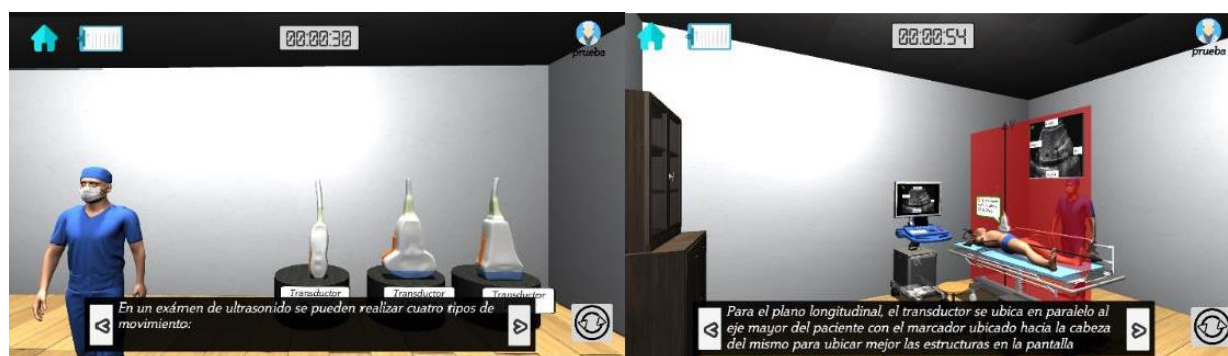
Nota. En la imagen se muestra una vista a la sala del nivel 1 Física. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3.4.10. Nivel 2 – Ultrasonido. Este nivel se desarrolla en un cuarto médico, cuenta con un equipo de US y una camilla con paciente recostado sobre ella para ayudar a la enseñanza de conceptos, El nivel se divide en 2 actividades teórico-prácticas y dos teóricas: la actividad 1 enseña acerca de los transductores su funcionalidad, tipos y los movimientos que se pueden realizar a la hora de tomar la imagen, además incluye dos ejercicios donde deben seleccionar el transductor adecuado al caso dado, cada ejercicio da 50 puntos, la actividad 2 enseña sobre la ecogenicidad de

los tejidos, cómo se genera la imagen de US, cómo se interpretan, para finalizar la actividad se realiza un ejercicio de emparejar de la imagen con la ecogenicidad correspondiente, el ejercicio da 100 puntos, la actividad 3 enseña sobre los planos ecográficos y cómo manejar algunas funcionalidades del US, esta actividad da 100 puntos al culminarse. El nivel tiene un puntaje máximo posible de 400 puntos y para obtener el logro y la medalla correspondiente se necesita un mínimo de 350 puntos.

Figura 31

Nivel 2 Ultrasonido, separado en dos vistas



Nota. En la imagen al lado izquierdo se muestran de los tipos de transductores y en al lado derecho el paciente y la máquina de ultrasonido. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3.4.11. Nivel 3 - Canulación Vascular. Este nivel se desarrolla en un cuarto médico, cuenta con un equipo de US, zona para el lavado de manos y una camilla con paciente recostado sobre ella para ayudar a la enseñanza de conceptos. El nivel se divide en 2 actividades teórico-prácticas: la actividad 1 se encarga de mostrar los implementos de bioseguridad que se van a usar y recordar la importancia de la higiene para este procedimiento. Esta actividad cuenta con cuatro ejercicios de 25 puntos cada uno, los cuales consisten en lavar las manos y seleccionar los implementos adecuados al procedimiento. La actividad 2 muestra los implementos médicos a usar y su función, la correcta posición del paciente e indica el paso a paso que debe seguir el estudiante

para realizar con éxito la “Canulación vascular en vena yugular guiada por Ultrasonido”, este paso a paso consta de 8 ejercicios cada uno aporta un puntaje diferente según la importancia o complejidad del ejercicio y si se realizan correctamente sumaran un máximo de 100 puntos, además al finalizar la actividad se dará un resumen indicando los pasos que se han hecho bien, los pasos que han quedado incompletos y los pasos que no se han realizado. El nivel tiene un puntaje máximo posible de 200 puntos y para obtener el logro y la medalla correspondiente se necesita un mínimo de 150 puntos.

Figura 32

Nivel 3 Canulación Vascular, separado en dos vistas



Nota. En la imagen al lado izquierdo se muestra el escenario del nivel 3 Canulación vascular y en al lado derecho el paciente y los instrumentos. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.3.4.12. Nivel 4 – Examen. Este nivel se desarrolla en un cuarto médico, cuenta con un equipo de US, zona para el lavado de manos y una camilla con paciente recostado sobre ella para ayudar a la enseñanza de conceptos, El nivel cuenta con una sola actividad en la cual el usuario tiene total libertad para realizar el procedimiento, teniendo que repetir lo aprendido en el nivel anterior desde la selección de implementos hasta la canulación y para finalizar la actividad el

usuario puede seleccionar el botón finalizar en la parte inferior izquierda la cual mostrara un resumen indicando los pasos que se han hecho bien, los pasos que han quedado incompletos y los pasos que no se han realizado. El nivel tiene un puntaje máximo posible de 100 puntos y para obtener el logro y la medalla correspondiente se necesita un mínimo de 75 puntos.

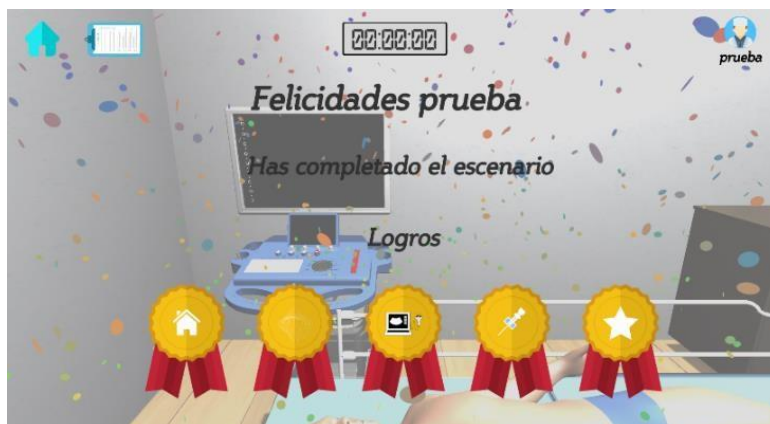
Figura 33

Nivel 4 Examen Final



Nota. En la imagen se muestra el escenario del nivel examen final con el paciente y los instrumentos médicos necesarios para el nivel. Creado por *Autores del proyecto*.

4.1.3.4.13. Nivel 5 – Final. Este nivel se pensó como un espacio para visualizar los logros obtenidos a lo largo del escenario y servir de estancia final una vez completados todos los niveles desde la cual el usuario podrá repetir las actividades que dese ver sus estadísticas y demás información de la sesión.

Figura 34*Nivel 5 Final*

Nota. En la imagen se muestra el mensaje al finalizar todos los niveles. Creado por *Autores del proyecto.*

4.1.4. Evidencia del escenario

En el siguiente enlace se encuentra un video que muestra el escenario virtual, producto final de este proyecto de grado, se realiza una simulación y lo que se muestra es todo el desarrollo y navegación de la misma forma en como lo debería hacer el estudiante. Además, con este video se puede comprobar que efectivamente se está cumpliendo lo planteado en el segundo objetivo específico descrito en este proyecto. Enlace al video:

https://drive.google.com/file/d/1Mbof9ejipyEmCrHNy4XFweddw-4gfZ6/view?usp=share_link

4.1.5. Pruebas

Para validar el escenario se realizaron dos sesiones de pruebas con estudiantes residentes de la especialidad de Anestesiología de la Universidad Industrial de Santander: la primera prueba se llevó a cabo el día 24 de agosto a las 2:00 p.m. en el laboratorio de simulación de la facultad de salud bajo la supervisión del estudiante Jheyson Jaimes y participó la residente de tercer año Sonia Vivas. El objetivo de la prueba era revisar desde la perspectiva de un estudiante la estructura del

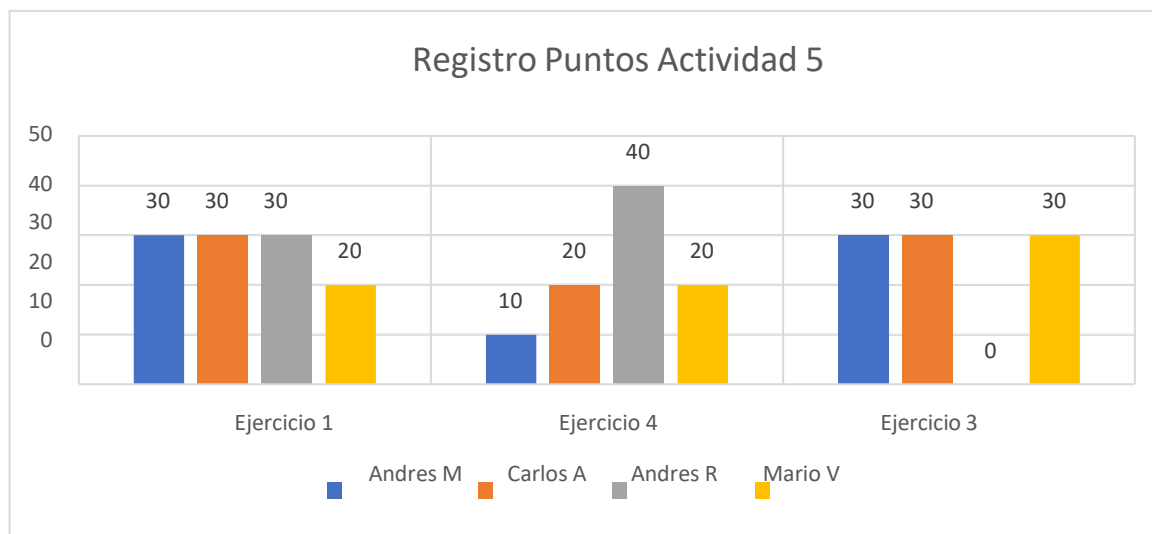
escenario, su validez y qué tan intuitivo era, así como el correcto funcionamiento del escenario. La segunda prueba se llevó a cabo el día 31 de agosto a las 2:40 p.m. en estas pruebas participaron cuatro estudiantes residentes de primer año de la especialidad de anestesiología de la Universidad Industrial de Santander con el objetivo de verificar la funcionalidad y validez el escenario con los justes propuestos en la anterior prueba y aprobados por el Dr. Henry Jahir Mayorga.

4.1.5.1. Resultados de la implementación de la Aplicación. Para obtener los resultados de la aplicación se tomaron en cuenta aquellos obtenidos en los ejercicios del escenario, seleccionando aquellas que requirieron efectuar acciones diferentes a lectura explicativa lo que corresponde a las actividades 5 (Física), 6 (Transductores), 7 (Ecogenicidad de tejidos), 10 (Asepsia), 11 (Canulación Vascular), 12 (Examen Final).

Los resultados de la actividad 5 que evalúa los conceptos aprendidos durante el nivel de física se muestran en la ilustración 35. Estos resultados se dividen en los tres ejercicios de la siguiente manera: el ejercicio 1 que consistió en relacionar el concepto con su representación en una gráfica el cual daba 30 puntos máximos por dos preguntas de selección múltiple; fue realizado exitosamente en un solo intento por 3 de 4 estudiantes mientras 1 de 4 necesitó de un segundo intento; el ejercicio 2 que constaba de un crucigrama con los conceptos del nivel y el cual daba un máximo de 40 puntos fue completando exitosamente en 1 intento por 1 de 4 estudiantes mientras 2 de 4 estudiantes necesitaron tres intentos y 1 de 4 necesitó más 4 intentos; el ejercicio 3 que constaba de seleccionar la imagen adecuada al contexto dado y fue completado exitosamente en 1 intento por 3 de 4 estudiantes mientras 1 de 4 estudiantes erró y decidió no repetirlo. De estos resultados se concluyó que el ejercicio 2 era el que mayor dificultad representaba para los estudiantes y que gracias al monitoreo que se realizó en la prueba y las apreciaciones de los estudiantes esto se debió a la extensión propia del ejercicio y errores al introducir las palabras.

Figura 35

Puntos actividad 5

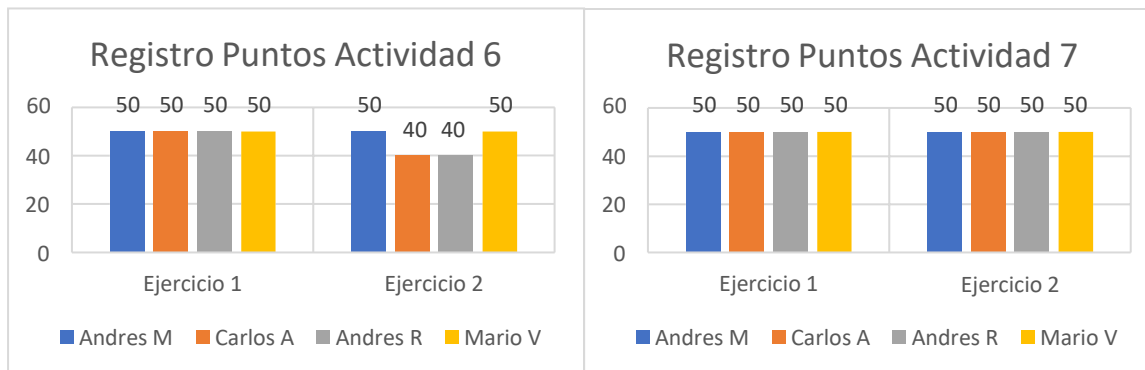


Nota. En la gráfica se muestra el desempeño de los estudiantes en los ejercicios 1, 3 y 4 de la actividad 5. Creado por *Autores del proyecto.*

Los resultados de la actividad 6 y 7 que evalúa los conceptos aprendidos durante el nivel de ultrasonido se muestran en la ilustración 36A y 36 B respectivamente. Estos resultados se dividen en los dos ejercicios de cada actividad de la siguiente manera: la actividad 6 con dos ejercicios de 50 puntos cada uno que describían una situación médica y pedía elegir el transductor adecuado para el examen. el primer ejercicio presentaba un caso de examen FAST y fue completado exitosamente en 1 intento por 4 de 4 estudiantes; el ejercicio 2 que mostraba un caso cardiaco fue completado exitosamente en 1 intento por 2 de 4 estudiantes mientras 2 de 4 estudiantes necesitaron un segundo intento; la actividad 7 con dos ejercicios de 50 puntos cada uno que constaban en asignar a la imagen el tipo de ecogenicidad que mostraba. Tanto el ejercicio 1 y 2 fueron completados en un único intento por 4 de 4 estudiantes.

Figura 36

puntos actividad 6 y 7



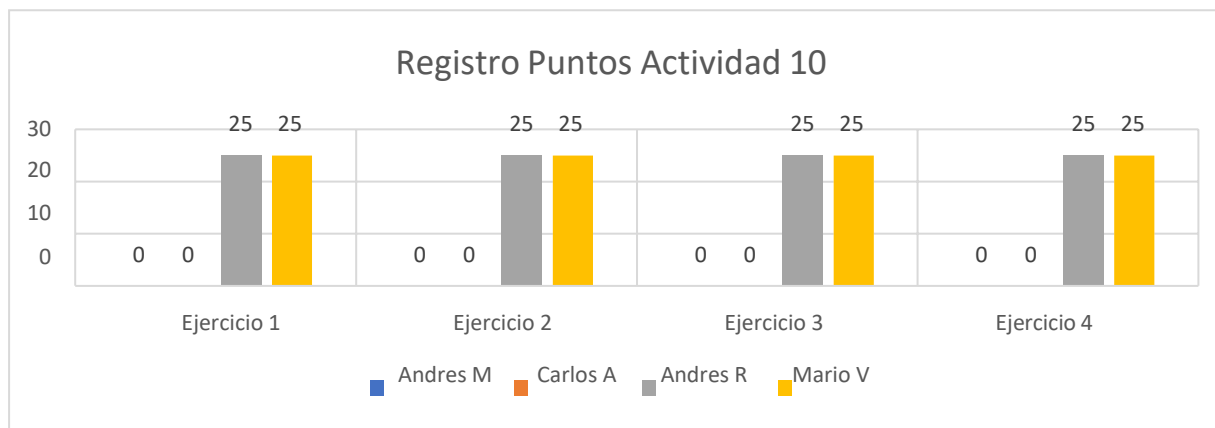
Nota. En la gráfica se muestra el desempeño de los estudiantes en los ejercicios 1 y 2 de las actividades 6 y 7. Creado por *Autores del proyecto.*

Los resultados de la actividad 10 y 11 que enseña y evalúa el procedimiento de “*Canulación Vascular en Vena Yugular guiada por Ultrasonido*” del nivel 5 se muestran en la ilustración 37 y 38 respectivamente. Estos resultados se dividen de la siguiente manera: la actividad 10 con cuatro ejercicios de 25 puntos cada que pedían al lavar las manos, seleccionar el gorro quirúrgico, el tapabocas y los guantes, cada ejercicio fue completado en único intento por 2 de 4 estudiantes mientras 2 de 4 estudiantes no los realizaron; la actividad 11 con nueve ejercicios: posicionar pies del paciente (máximo 12 puntos), posicionar cabeza del paciente (máximo 12 puntos), asepsia (máximo 12 puntos), transductor (máximo 14 puntos), punción (máximo 12 puntos), guía (máximo 12 puntos), bisturí (máximo 7 puntos), dilatador (máximo 7 puntos), catéter (máximo 12 puntos), en total los ejercicios suman 100 puntos, el ejercicio asepsia 3 de cuatro estudiantes lograron culminar exitosamente el ejercicio en un intento y 1 de 4 estudiantes realizó el ejercicio de manera incorrecta mientras en las 8 actividades restantes 4 de 4 estudiantes lograron culminar exitosamente los ejercicios en un intento. De estos resultados se concluyó que la actividad 10 tenía problemas a la hora de su realización y que gracias al monitoreo que se realizó en la prueba y las apreciaciones de los estudiantes se estableció que la explicación dada e

instrucciones no eran lo suficiente mente claras causando que los estudiantes pasaran de largo la actividad.

Figura 37

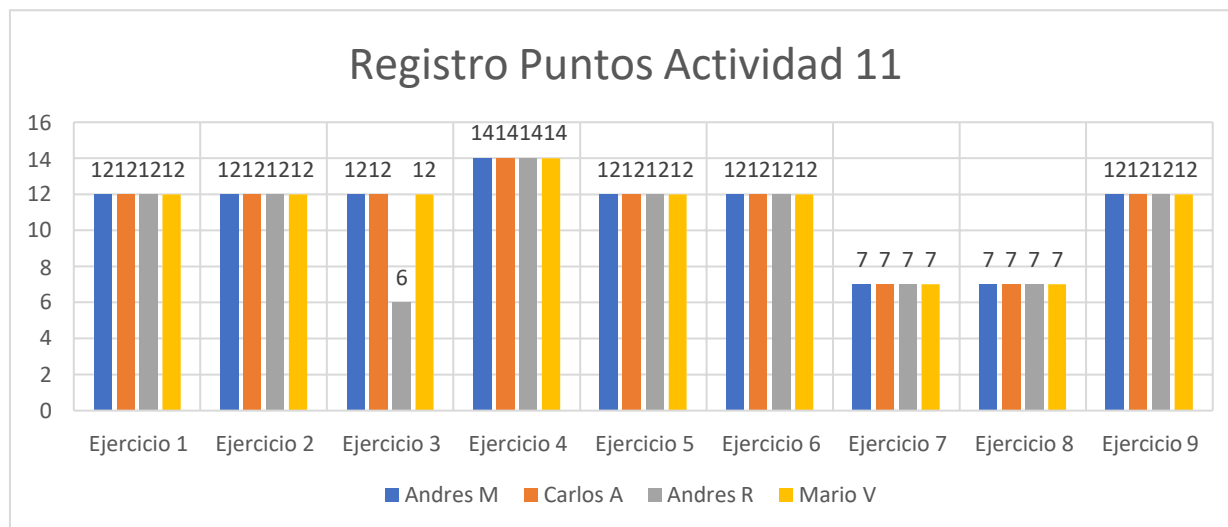
Puntos actividad 10



Nota. En la gráfica se muestra el desempeño de los estudiantes en los ejercicios 1, 2, 3 y 4 de la actividad 10. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 38

Puntos actividad 11



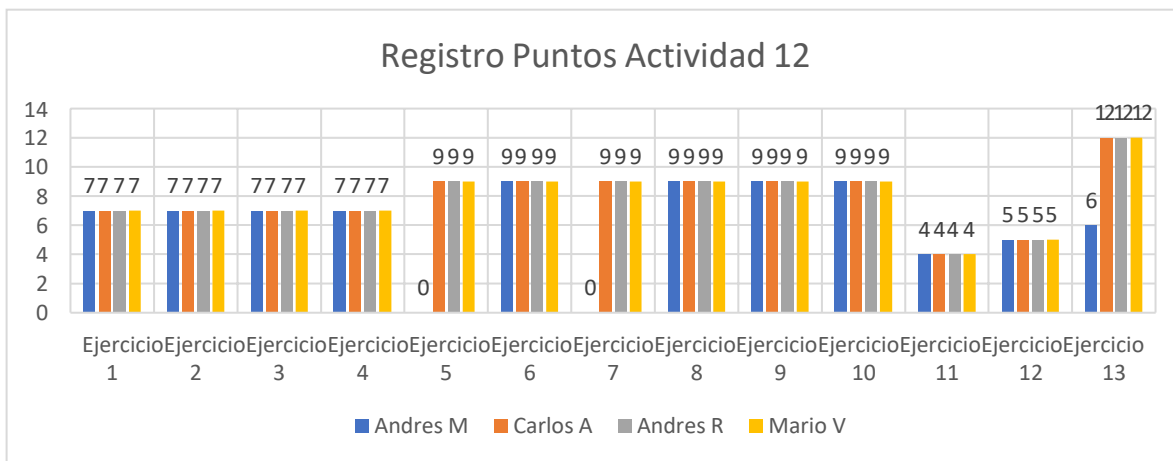
Nota. En la gráfica se muestra el desempeño de los estudiantes en los ejercicios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,

8, 9 de la actividad 11. Creado por *Autores del proyecto*.

Los resultados de la actividad 12 que evalúa el aprendizaje adquirido en el escenario sobre la canulación vascular en vena yugular guiada por ultrasonido se muestran en la ilustración 37. Estos resultados se dividen en 13 ejercicios: lavado de manos (máximo 7 puntos), seleccionar el tapabocas (máximo 7 puntos), seleccionar el gorro quirúrgico (máximo 7 puntos), seleccionar los guantes (máximo 7 puntos), posicionar pies del paciente (máximo 9 puntos), posicionar cabeza del paciente (máximo 9 puntos), asepsia (máximo 9 puntos), transductor (máximo 9 puntos), punción (máximo 9 puntos), guía (máximo 9 puntos), bisturí (máximo 4 puntos), dilatador (máximo 5 puntos), catéter (máximo 12 puntos), en total los ejercicios suman 103 puntos, los ejercicios lavado de manos, seleccionar el tapabocas, seleccionar el gorro quirúrgico, seleccionar los guantes, posicionar cabeza del paciente, transductor, punción, guía, bisturí y dilatador fueron completados exitosamente en un intento por 4 de 4 estudiantes, el ejercicio catéter fue completado exitosamente en un intento por 3 de 4 estudiantes mientras 1 de 4 estudiantes lo realizó sin verificar retorno sanguíneo, los ejercicios posicionar pies del paciente y asepsia fueron completados exitosamente en un intento por 3 de 4 mientras 1 de 4 estudiantes no los realizó.

Figura 39

Puntos Actividad 12



Nota. En la gráfica se muestra el desempeño de los estudiantes en los ejercicios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 de la actividad 12. Creado por *Autores del proyecto.*

En conclusión, las pruebas permitieron dar cumplimiento al tercer objetivo específico planteado en este proyecto, verificar que los estudiantes retienen los conocimientos dados en cada nivel, además de permitir revisar el funcionamiento y eficacia del escenario revelando algunos fallos en la redacción y lógica del programa como la falta de instrucciones claras en la actividad 10 y un error de cálculo que asignaba un máximo de 103 puntos en la activada 12. Estas anotaciones permitieron realizar los ajustes adecuados que se mencionan en el ítem 4.1.5 para mejorar la interacción del usuario con el escenario y corregir errores de lógica que hayan pasado hasta esta etapa.

4.1.6. Ajustes posteriores a las pruebas

En esta etapa se evaluó la retroalimentación y los resultados obtenidos de la etapa anterior “Pruebas” para definir las modificaciones y ajustes finales de la herramienta. Se decidió en conjunto con la directora y el codirector que los ajustes no se realizarían y se tendrían en cuenta

para una mejora del escenario a futuro.

- Se agregó una imagen para saber el desplazamiento y movimiento por el escenario.
- Se arreglaron errores técnicos que se presentaban en el Examen Final con la verificación de retorno sanguíneo al momento de utilizar el catéter.
- En el nivel de Examen, se ajustó el video del ultrasonido cuando se realizaba la inserción de aguja.
- Se agregó una explicación extra en el nivel de higiene previo al momento de tratar al paciente.
- Se corrigió el cálculo de la actividad 12 del nivel examen.

5. Recomendaciones

A continuación, se darán a conocer las observaciones realizadas por los estudiantes cuando realizaron las pruebas del escenario virtual.

Se recomienda implementar un escenario más libre en el cual el estudiante pueda tener diferentes escenarios al momento de tomar las decisiones y así acercar más a la realidad este escenario.

Acompañar el texto que describe todo el escenario con audio para facilitar el entendimiento del escenario y/o acompañar la lectura del texto cuando se está interactuando con el escenario.

Para lograr un escenario más complejo se recomienda aumentar la dificultad del mismo en los niveles de práctica para lograr mayor asertiva y precisión en el procedimiento y así obtener más experiencia en el mismo.

6. Conclusiones

La revisión continua a lo largo del desarrollo del proyecto permitió obtener como resultado un escenario que se ajusta a las necesidades requeridas, apoyando el aprendizaje teórico práctico de los estudiantes de medicina.

La unión de la realidad virtual con las herramientas de gamificación logra obtener resultados pedagógicos y de usabilidad importantes, logrando un escenario capaz de impactar significativamente el aprendizaje de los estudiantes.

El continuo mejoramiento en el desarrollo de la aplicación y el correcto levantamiento de los requerimientos ayudó a obtener una comprensión alta de la necesidad a los usuarios finales, su nivel de conocimiento y experiencia en realidad virtual y la gamificación.

Se desarrolló una herramienta gamificada capaz de apoyar y/o reforzar la enseñanza del procedimiento de “Canulación de Vena Yugular” en estudiantes de la especialidad de Anestesiología de la Universidad Industrial de Santander.

7. Trabajo a Futuro

Mejorar los niveles con mayor dificultad en el escenario, donde se represente a más profundidad las posibles complicaciones que se desglosen de una mala toma de decisiones ante la canulación de vena yugular.

Seguir alimentando el escenario con más herramientas de gamificación, para poder lograr una mayor motivación al momento de jugar y seguir ofreciendo un aprendizaje motivador al estudiante.

Trabajar el escenario en la nube e implementar una base de datos al escenario para poder generar una comparación e interpretación de los datos de todas las personas que interactúan con el mismo escenario y que no sea limitada a la interacción que hay actualmente de observar los datos que se encuentran en el dispositivo donde se juega el escenario.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, F. (2011). Accesos venosos centrales guiados por ultrasonido: ¿existe evidencia suficiente para justificar su uso de rutina?. *Revista Médica Clínica Las Condes* 22. No. 3, 361-368. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(11\)70436-9](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(11)70436-9).
- Amaya,W., Raffán,F., Niño de Mejías, C., Hermidad, E., Alvarado, J., Solórzano, M., Parrado, R. & León, J.(2015). Canalización venosa yugular interna: ¿qué tanta seguridad podemos llegar a ofrecer? *Revista Colombiana de Anestesiología* 43, no. 1, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.rca.2014.09.005>.
- Baique M. (2016). Aspectos básicos de acceso venoso central con guía ecográfica. *Revista Hispanoamericana de Ciencias de la Salud*, 2(1), 62–70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5398761>.
- Bowra J. & McLaughlin R. (2012). *ECOGRAFIA FACIL PARA MEDICINA DE URGENCIAS* (2ed. ed.). Elsevier. <https://n9.cl/2l96r>.
- Caballero A., & Villarreal K. (2018). Ultrasound for central vascular access. A safety concept that is renewed day by day. *Colombian Journal of Anesthesiology*, 46(suppl1), 32–38. <https://doi.org/10.1097/CJ9.0000000000000043>

- Enriquez, A., Hernández, C., Carrillo, S. y Esponda, J. (2017). Instalación de catéter venoso central por ultrasonido. Experiencia de la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Ángeles Pedregal. *Acta Médica Grupo Ángeles* 15, no. 2. 118-122 <https://doi.org/10.35366/72343>.
- García de Casasola G. & Torres J. (2012). Manual de ecografía clínica. SEMI. <http://www.untumbes.edu.pe/bmedicina/libros/Libros%20de%20Ecograf%C3%ADa/libro100.pdf>.
- Imigo F., Elgueta A., Castillo E., Celedón E., Fonfach C., Lavanderos J., & Mansilla E. (2018). Accesos venosos centrales. *Cuadernos de Cirugía*, 25(1), 52-58. <https://doi.org/10.4206/cuad.cir.2011.v25n1-08>.
- López Álvarez, J., Pérez Quevedo, O. & Alonso-Graña López-Manteola, S. (2019). Modelos de simulación para el aprendizaje de la punción vascular ecoguiada. *Canarias Pediátrica*. 43, no. 2. 103-110. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7188747>.
- Pavón M., Rodríguez de Lema G. & Short J. (2016). Manual básico de ecografía en urgencias. Editorial Tébar Flores.

- Tobal López, D., Astesiano Alvarez, R., Rodríguez, J., Alberti Correa, M., Noboa Aldecoa, O. & Gadola Bergara, I. (2016) Implementación y evaluación de un curso de accesos venosos centrales ecoguiados para hemodiálisis con simuladores. *Revista Médica del Uruguay*. 32, no. 4. 289-294 <https://revista.rmu.org.uy/ojsrmu311/index.php/rmu/article/view/158/160>.
- Ziv, Amitai, Wolpe, Root, P., Pequeño, Stephen, D., Glick, Shimon.(2003). Educación médica basada en simulación Un imperativo ético. *Medicina académica*. 78, no. 8. 783-788.

Apéndices

Apéndice A. Encuesta a estudiantes de la especialidad de Anestesiología.

La encuesta realizada a los estudiantes de posgrado de medicina consistió en realizarle unas preguntas sobre la experiencia que tuvieron con el software y la viabilidad que le veían, la intuitividad que tenía el escenario, entre otras preguntas que se detallarán a continuación. Cabe resaltar que los resultados de esta encuesta son muy sensibles debido a que la población que interactuó con el escenario es muy poca, esto se debe porque en la especialidad de anestesiología hay pocos estudiantes por año en este posgrado, en total participaron 5 estudiantes.

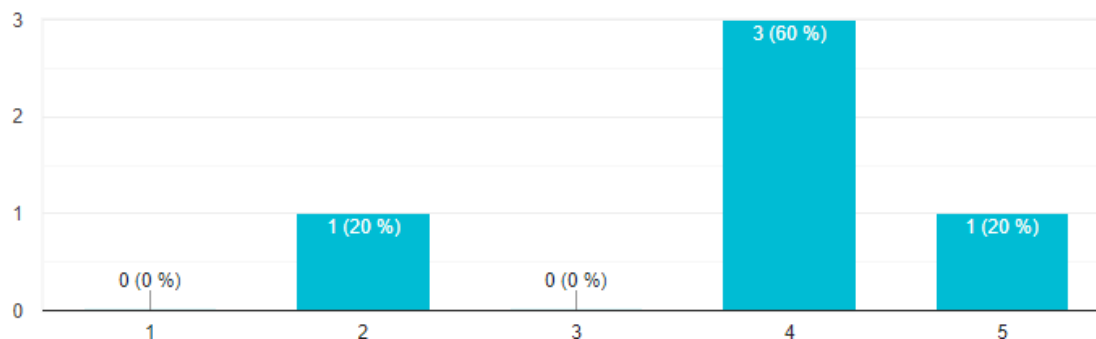
Del 1 al 5 siendo 1 Totalmente en desacuerdo y 5 Totalmente de acuerdo, responda las siguientes preguntas:

Figura 40

Pregunta Técnica 1.

¿ Es fácil reconocer rápidamente en la interfaz las acciones más relevantes del juego?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica

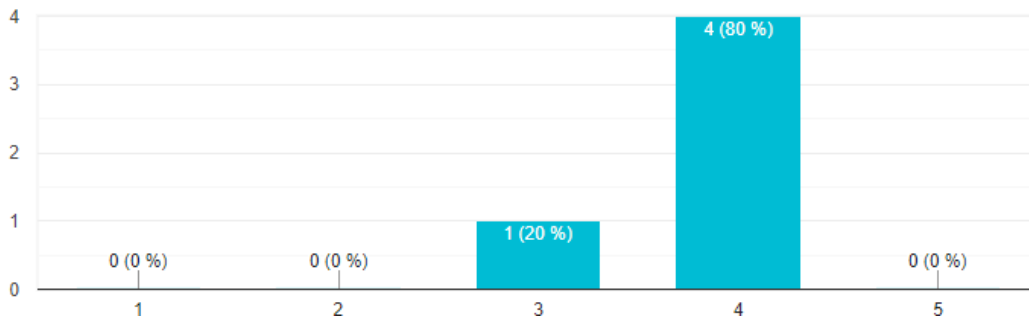
1. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 41

Pregunta Técnica 2.

¿ La interfaz gráfica es atractiva?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica

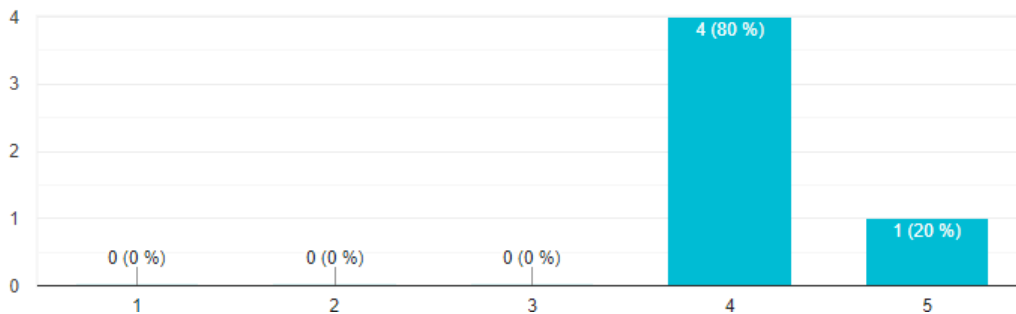
2. Creado por *Autores del proyecto*.

Figura 42

Pregunta Técnica 3.

¿ El juego es intuitivo y aporta la información necesaria para su uso y desarrollo, además usted disfruta hacer uso de este?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica

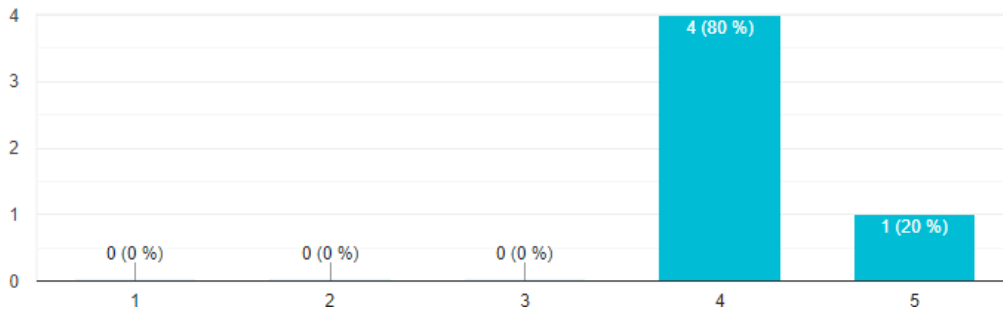
3. Creado por *Autores del proyecto*.

Figura 43

Pregunta Técnica 4.

¿Los tiempos de respuesta cada vez que accede a las opciones del juego son adecuados?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica

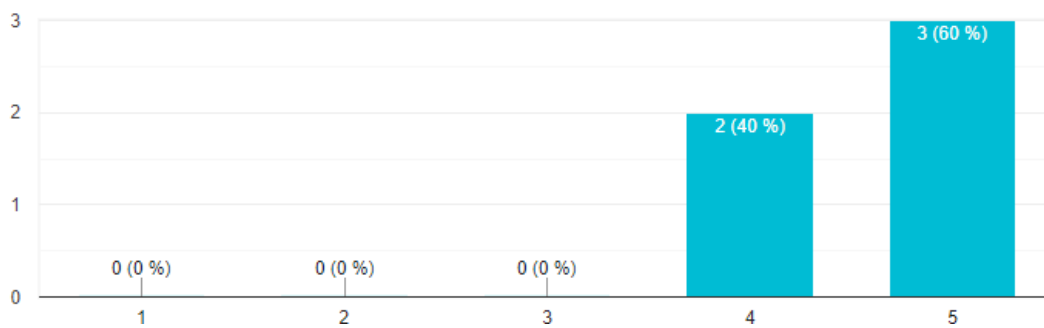
4. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 44

Pregunta Técnica 5.

¿La información puede ser leída de acuerdo con su tamaño y contraste entre colores?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica

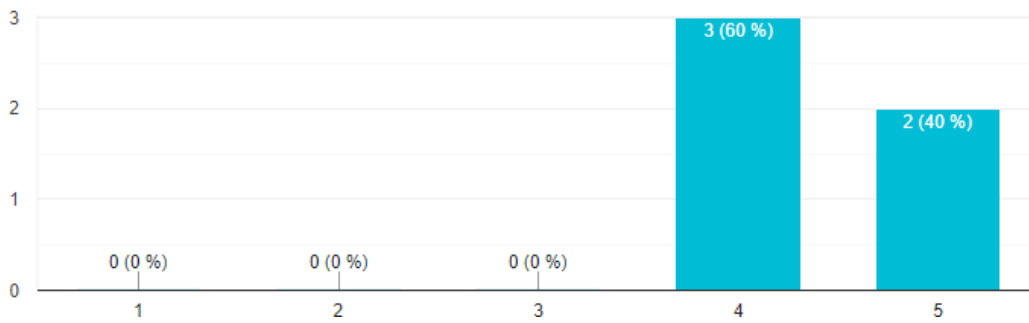
5. Creado por *Autores del proyecto.*

Figura 45

Pregunta Técnica 6.

¿ Los quices y las realimentaciones realmente aportan un buen aprendizaje para el usuario o jugador?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica 6. Creado por *Autores del proyecto*.

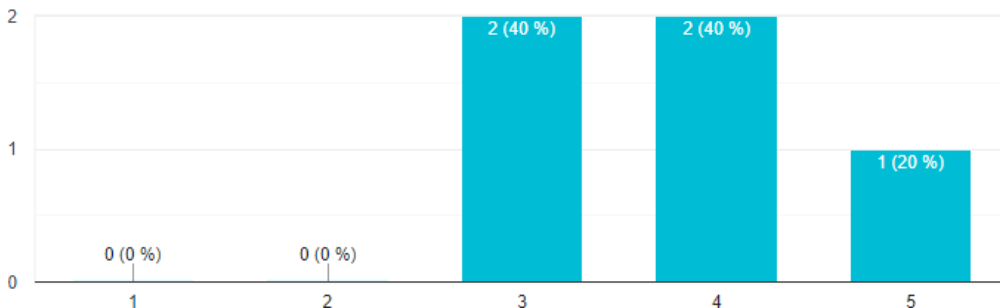
Del 1 al 5 siendo 1 No la considero útil y 5 La considero muy útil, responde las siguientes preguntas:

Figura 46

Pregunta Técnica 7.

La interacción con el escenario, controles y el paciente es considerada:

5 respuestas



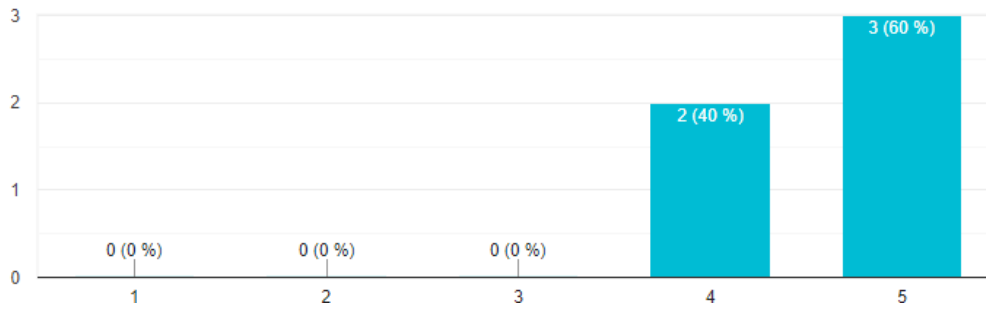
Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica 7. Creado por *Autores del proyecto*.

Figura 47

Pregunta Técnica 8.

La implementación de quices para proporcionar saberes al jugador, es considerada:

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica

8. Creado por *Autores del proyecto*.

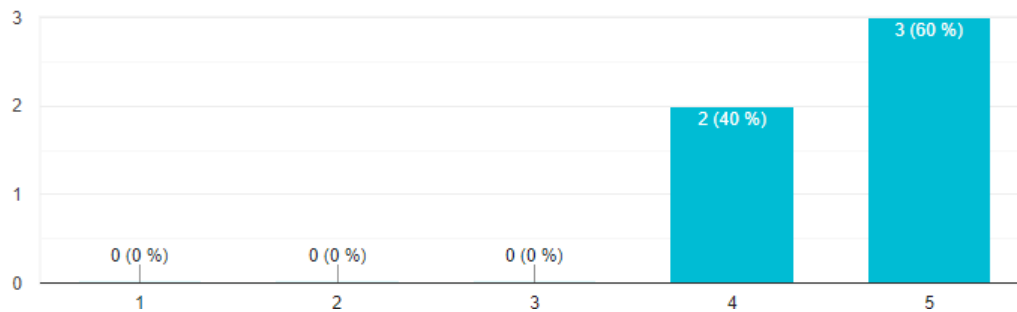
Del 1 al 5 siendo 1 Difícil Lectura y 5 Fácil Lectura, responda la siguiente pregunta:

Figura 48

Pregunta Técnica 9.

En una calificación de 1 a 5, Los textos y párrafos que observo en la aplicación, ¿eran de fácil lectura?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica

9. Creado por *Autores del proyecto*.

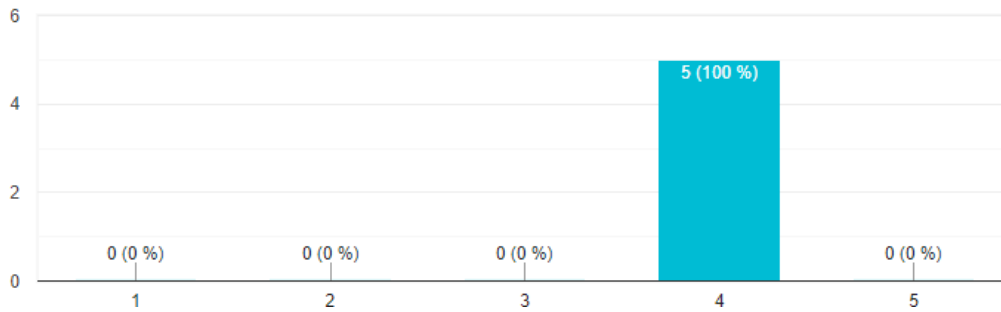
Del 1 al 5 siendo 1 Fácil de entender y 5 Difícil de entender, responda la siguiente pregunta:

Figura 49

Pregunta Técnica 10.

Los mensajes de retroalimentación y los botones del simulador son claros y sencillos.

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica 10. Creado por *Autores del proyecto*.

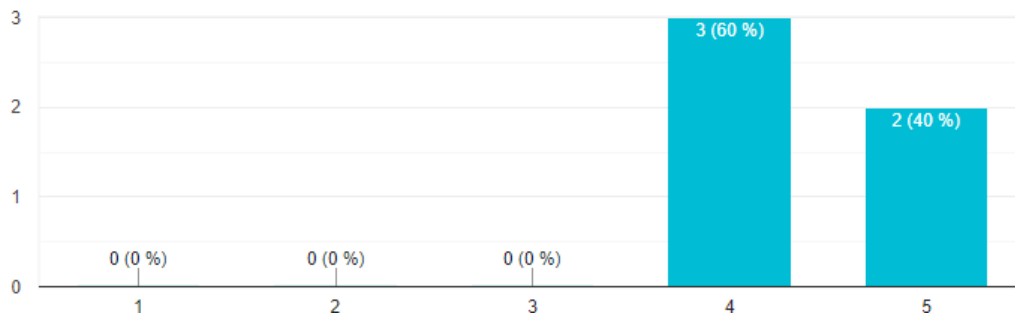
Del 1 al 5 siendo 1 Muy Complejo y 5 Nada Complejo, responda la siguiente pregunta:

Figura 50

Pregunta Técnica 11.

¿Qué tan complejo le pareció el software?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica 11. Creado por *Autores del proyecto*.

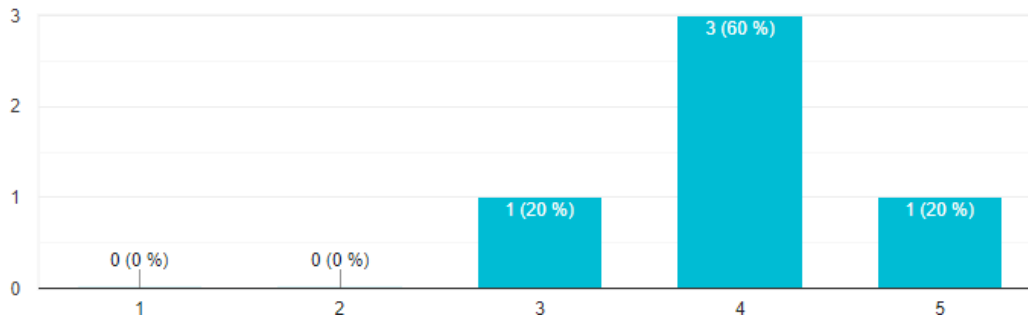
Del 1 al 5 siendo 1 Poco Probable y 5 Muy Probable, responda la siguiente pregunta:

Figura 51

Pregunta Técnica 12.

¿Qué tan probable es que usted le recomiende este software a un compañero?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica 12. Creado por *Autores del proyecto*.

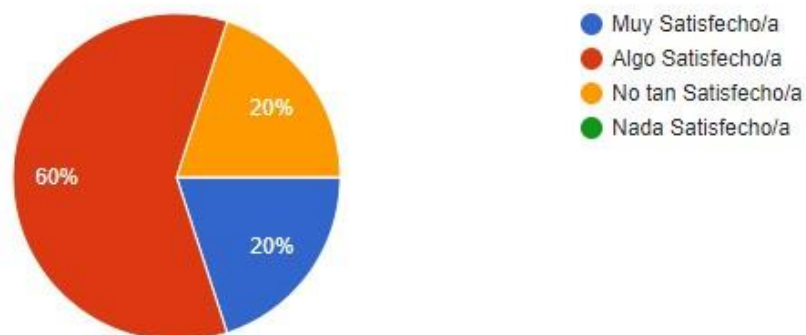
En la escala de Muy Satisfecho/a a Nada Satisfecho/a, responda las siguientes preguntas:

Figura 52

Pregunta Técnica 13.

Teniendo en cuenta que la confiabilidad de un software se refiere a la precisión con la que una aplicación proporciona la información, sin errores durante el uso de la aplicación durante un determinado tiempo. ¿Qué tan satisfecho/a está con la confiabilidad de este software?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica 13. Creado por *Autores del proyecto*.

Figura 53

Pregunta Técnica 14.

¿Qué tan satisfecho/a está con la capacidad para integrar otro software con este software?. Teniendo en cuenta que el otro software sería similar a este, sin embargo, con una temática diferente de la temática del curso, ejemplo; código rojo

5 respuestas



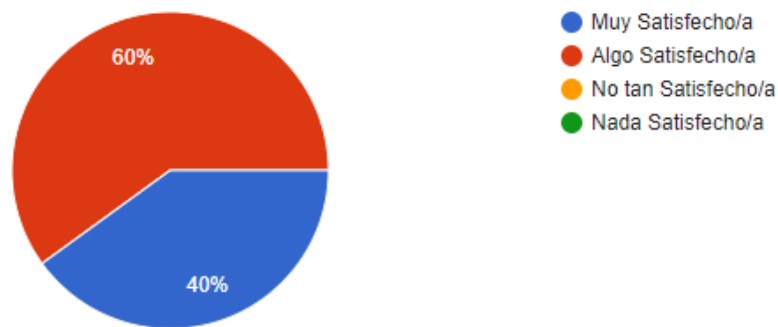
Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica 14. Creado por *Autores del proyecto*.

Figura 54

Pregunta Técnica 15.

¿Qué tan satisfecho/a está con la facilidad de uso de este software?

5 respuestas



Nota: en esta gráfica podemos observar las respuestas de los usuarios respecto a la pregunta técnica 15. Creado por *Autores del proyecto*.