


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**

**Tema:**

# PLATAFORMA PARA EL ENTRENAMIENTO DE ESTUDIANTES DE ENFERMERÍA EN LA TÉCNICA DE TOMA DE SIGNOS VITALES APLICANDO REALIDAD VIRTUAL

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones

**ÁREA:** Programación y redes

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Electrónica, Telecomunicaciones y Sistemas de control

**AUTOR:** Alexander Josue Monge Roque

**TUTOR:** Ing. Víctor Santiago Manzano Villafuerte, Mg.

**Ambato - Ecuador**

**julio – 2025**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: PLATAFORMA PARA EL ENTRENAMIENTO DE ESTUDIANTES DE ENFERMERÍA EN LA TÉCNICA DE TOMA DE SIGNOS VITALES APLICANDO REALIDAD VIRTUAL, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Alexander Josue Monge Roque, estudiante de la Carrera de Telecomunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, julio 2025.

Firmado electrónicamente por:
VICTOR SANTIAGO MANZANO VILLAFUERTE
Validar únicamente con FirmaEC

---

Ing. Víctor Santiago Manzano Villafuerte, Mg.
TUTOR

## AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: PLATAFORMA PARA EL ENTRENAMIENTO DE ESTUDIANTES DE ENFERMERÍA EN LA TÉCNICA DE TOMA DE SIGNOS VITALES APLICANDO REALIDAD VIRTUAL es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2025.



---

Alexander Josue Monge Roque

C.C. 0706163383

AUTOR

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2025.



Alexander Josue Monge Roque

C.C. 0706163383

AUTOR

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Alexander Josue Monge Roque, estudiante de la Carrera de Telecomunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado PLATAFORMA PARA EL ENTRENAMIENTO DE ESTUDIANTES DE ENFERMERÍA EN LA TÉCNICA DE TOMA DE SIGNOS VITALES APLICANDO REALIDAD VIRTUAL, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con el señor Presidente del Tribunal.

Ambato, julio 2025.

Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN OSWALDO MAYORGA MAYORGA
Validar únicamente con FirmaEC

---

Ing. Franklin Owaldo Mayorga Mayorga Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
FREDDY GEOVANNY BENALCAZAR PALACIOS
Validar únicamente con FirmaEC

---

Dr. Freddy Benalcázar Palacios
PROFESOR CALIFICADOR

ELIZABETH PAULINA AYALA BANO

Firmado digitalmente porELIZABETH PAULINA AYALA BANO
DN: cn=ELIZABETH PAULINA AYALA BANO c=EC o=SECURITY DATA S.A. 2 ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION
Motivo:Soy el autor de este documento
Ubicaci- n:
Fecha:2025-07-17 16:51-05:00

---

Ing. Paulina Ayala Baño, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

## DEDICATORIA

*A mis queridos padres, por ser mi roca, por su amor sin límites y el sustento diario que me impulsó a cada paso. En especial, a mi padre, por su inmensurable sacrificio, por ser el modelo de dedicación y de férrea voluntad que siempre me inspiró a alcanzar más allá. Y a mi madre, por su infinita paciencia, su inquebrantable fe en mí y por ser siempre la raíz y el corazón de nuestra familia.*

*Dedico este esfuerzo a quienes, a pesar de la distancia impuesta por mis estudios, jamás me soltaron la mano, demostrándome que el amor verdadero no conoce de abandonos, solo de lazos inquebrantables. Su fe en mí ha sido siempre la mayor recompensa, y su apoyo a la distancia, incluyendo a mis hermanas, ha sido un faro constante, recordándome que siempre tendré una familia que me abraza y me alienta, sin importar dónde me encuentre.*

## AGRADECIMIENTO

*Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a quienes, con su invaluable apoyo y guía, hicieron posible la culminación de este proyecto.*

*A mis tutores, cuyo conocimiento, paciencia y dedicación fueron pilares fundamentales en cada etapa de esta investigación. Su guía experta no solo me permitió consolidar mis conocimientos, sino también superar los desafíos que surgieron en el camino.*

*A mis amigos, extiendo mi gratitud por su incondicional compañía. Sus palabras de aliento, su camaradería y los momentos compartidos fueron un necesario respiro y una fuente constante de motivación a lo largo de este exigente proceso.*

*Finalmente, y de manera muy especial, dedico este logro a Belén. Tu fe inquebrantable en mis capacidades, tu apoyo incondicional en cada momento, tanto en los éxitos como en las dificultades, y tu presencia constante, han sido la mayor inspiración. Gracias por creer siempre en mí y por ser la fuerza que me impulsó a alcanzar esta meta.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

**PORTADA** ..... **i**

**APROBACIÓN DEL TUTOR** ..... **ii**

**AUTORÍA** ..... **iii**

**DERECHOS DE AUTOR** ..... **iv**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO** ..... **v**

**DEDICATORIA** ..... **vi**

**AGRADECIMIENTO** ..... **vii**

**ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS** ..... **viii**

**ÍNDICE DE TABLAS** ..... **xiii**

**ÍNDICE DE FIGURAS** ..... **xiv**

**ÍNDICE DE ANEXOS** ..... **xviii**

**RESUMEN EJECUTIVO** ..... **xix**

**ABSTRACT** ..... **xx**

**CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO** ..... **1**

1.1 Tema de investigación ..... 1

1.1.1 Planteamiento del problema ..... 1

1.2 Antecedentes investigativos ..... 3

1.3 Fundamentación teórica ..... 4

1.3.1 ¿Qué son los signos vitales? ..... 5

1.3.2 La frecuencia Cardiaca (FC) ..... 6

1.3.3 La presión arterial (PA) ..... 7

1.3.4 La frecuencia respiratoria (FR) ..... 9

1.3.5 La temperatura corporal ..... 10

1.3.6 La saturación de oxigeno ..... 11

1.3.7 Realidad virtual como herramienta de aprendizaje ..... 12

1.3.8 Beneficios de la realidad virtual ..... 13

1.3.9 Motor de desarrollo 3D ..... 14

1.3.10 Gafas de realidad virtual ..... 17

1.3.11 Software de modelado 3D ..... 21

1.3.12 Instrumentos de medición de signos vitales ..... 25

1.4 Estado Actual de la Formación en Técnicas de Toma de Signos Vitales en Estudiantes de Enfermería ..... 30

1.5 Objetivos ..... 35

1.5.1 Objetivo general ..... 35

1.5.2 Objetivos específicos ..... 35

**CAPÍTULO II. METODOLOGÍA ..... 36**

2.1 Materiales ..... 36

2.2 Métodos ..... 37

2.2.1 Modalidad de la investigación ..... 37

2.2.2 Población y muestra ..... 37

2.2.3 Recolección de información ..... 39

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos ..... 40

**CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 41**

3.1 Diagrama de Casos de Uso del Simulador de Realidad Virtual de Signos Vitales ..... 41

3.2 Diagrama de Clases de Uso del Simulador de Realidad Virtual de Signos Vitales ..... 43

3.3 Funcionamiento del sistema ..... 50

3.4 Impacto e Innovación en el Aprendizaje Moderno de Enfermería Mediante la Aplicación del Simulador de Realidad Virtual ..... 52

3.4.1 Transformación Pedagógica y Superación de Limitaciones Tradicionales ..... 52

3.4.2 La Transformación Pedagógica a través de la Realidad Virtual: ..... 54

3.5 Desarrollo de Habilidades Prácticas con Precisión y Eficiencia ..... 55

3.6 Fomento de la Inmersión y el Realismo para un Aprendizaje Significativo ..... 57

3.7 Modelado de los instrumentos 3D ..... 60

3.7.1 Modelado de estetoscopio ..... 60

3.7.2 Modelado de Tensiómetro ..... 64

3.7.3 Modelado de Termómetro ..... 66

3.7.4 Modelado de Oxímetro ..... 67

3.8 Diseño de escenario / habitación ..... 69

3.8.1 Modelado de muebles y personajes ..... 69

3.8.2 Diseño del escenario ..... 72

3.9 Elementos del escenario interactivo ..... 74

3.9.1 Selección de objetos ..... 74

3.9.2 Colisionadores de objetos ..... 75

3.9.3 Interactores de objetos ..... 82

3.10 Procedimiento para la medición de signos vitales del paciente ..... 85

3.10.1 Medición de temperatura ..... 85

3.10.2 Medición de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca ..... 88

3.10.3 Medición de presión arterial ..... 91

3.10.4 Auscultación de ruidos de Korotkoff ..... 93

3.11 Animaciones ..... 94

3.11.1 Animación de Apertura del Oxímetro (Oximetro_Open) ..... 94

3.11.2 Animación "Envolverse en el Brazo" (Tensiometer_WrapAroundArm) ..... 96

3.11.3 Animación " Asentamiento y Pulso " (Stethoscope_SettleAndPulse) ..... 99

3.12 Control de Animaciones e Interacciones por programación ..... 101

3.12.1 Control y Visualización para el Oxímetro ..... 101

3.12.2 Control y Visualización para el Tensiómetro ..... 105

3.12.3 Control y Visualización para el Estetoscopio ..... 108

3.13 Funcionamiento del Simulador en la Medición de Signos Vitales ..... 111

3.13.1 Funcionamiento de la Medición de Temperatura..... 111

3.13.2 Funcionamiento de la Medición de Oxigenación y Frecuencia Cardiaca..... 112

3.13.3 Funcionamiento de la Medición de Presión Arterial..... 114

3.13.4 Funcionamiento de la Auscultación con el Estetoscopio..... 115

3.14 Validación del Simulador en estudiantes de enfermería ..... 116

3.15 Plan de Validación y Usabilidad del Simulador ..... 118

3.16 Costos de implementación ..... 120

**CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 122**

a. Conclusiones ..... 122

b. Recomendaciones..... 123

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 125**

**ANEXOS ..... 128**

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables que afectan los signos vitales ..... 6

Tabla 2 Variables que afectan la Frecuencia Cardiaca ..... 7

Tabla 3 Variables que afectan la Presión Arterial ..... 8

Tabla 4 Variables que afectan la Frecuencia Respiratoria ..... 9

Tabla 5 Variables que afectan la Temperatura Corporal ..... 10

Tabla 6 Variables que afectan el nivel de oxígeno ..... 11

Tabla 7 Comparación de diferentes motores de desarrollo 3D ..... 16

Tabla 8 Comparación de diferentes gafas de RV ..... 20

Tabla 9 Comparación de softwares de modelado 3D ..... 24

Tabla 10 Numero de estudiantes por estrato ..... 38

Tabla 11 Calculo del tamaño de muestreo ..... 38

Tabla 12 Calculo de corrección para poblaciones finitas ..... 39

Tabla 13 Calculo de muestreo estratificado ..... 39

Tabla 14 Criterios de recolección de información ..... 40

Tabla 15 Objetos 3D utilizados ..... 70

Tabla 16 Rango de valores de saturación de oxigeno ..... 104

Tabla 17 Costos de implementación ..... 121

Tabla 18 Requisitos del sistema HTC Vive Pro 2 ..... 133

Tabla 19 Especificaciones técnicas de computadora ..... 134

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gafas de RV Meta Quest 3 ..... 18

Figura 2 Gafas de RV Pico 4..... 19

Figura 3 Gafas de RV HTC Vive Pro 2 ..... 19

Figura 4 Blender..... 22

Figura 5 Autodesk 3Ds Max ..... 23

Figura 6 Cinema 4D..... 23

Figura 7 Partes de un termómetro ..... 26

Figura 8 Estetoscopio..... 27

Figura 9 Tensiómetro ..... 28

Figura 10 Pulsioxímetro..... 29

Figura 11 Diagrama de Casos ..... 41

Figura 12 Diagrama de Clases ..... 43

Figura 13 Diagrama de bloques del sistema ..... 50

Figura 14 Objetos para modelado de estetoscopio..... 61

Figura 15 Esculpido final de estetoscopio ..... 61

Figura 16 Modelado final de estetoscopio ..... 62

Figura 17 Estetoscopio final..... 62

Figura 18 Esqueleto de estetoscopio ..... 63

Figura 19 Estetoscopio riggeado..... 63

Figura 20 Modelado de brazalete y manómetro de tensiómetro ..... 64

Figura 21 Modelado de dial de números ..... 65

Figura 22 Modelado de válvula y tubo flexible ..... 65

Figura 23 Modelado final del estetoscopio ..... 66

Figura 24 Modelado del termómetro ..... 67

Figura 25 Termómetro texturizado ..... 67

Figura 26 Objetos para modelado del pulsioxímetro ..... 68

Figura 27 Modelado del pulsioxímetro ..... 68

Figura 28 Modelo final de pulsioxímetro ..... 69

Figura 29 Diseño inicial del escenario ..... 73

Figura 30 Mesa de instrumentos ..... 73

Figura 31 Configuración de colisionador de termómetro ..... 75

Figura 32 Configuración de colisionadores del estetoscopio ..... 78

Figura 33 Configuración de colisionadores de tensiómetro ..... 80

Figura 34 Configuración de colisionadores del pulsioxímetro ..... 81

Figura 35 Configuración de colisionador del paciente ..... 82

Figura 36 Adición del script Interactable ..... 83

Figura 37 Script Interactable ..... 83

Figura 38 Sript Throwable ..... 84

Figura 39 Adición del script Throwable ..... 84

Figura 40 Punto de pivote de socket de axila ..... 86

Figura 41 Colisionador modo Trigger de Thermometer_AxillaSocket ..... 86

Figura 42 Configuración de socket de axila ..... 87

Figura 43 Colisionador trigger del termómetro ..... 88

Figura 44 Punto de pivote de socket de oximetro ..... 89

Figura 45 Colisionador modo trigger del oxímetro ..... 89

Figura 46 Configuración del socket del dedo ..... 90

Figura 47 Colisionador modo trigger del oxímetro ..... 91

Figura 48 Punto de pivote de socket del brazo ..... 91

Figura 49 Colisionador modo trigger del brazo ..... 92

Figura 50 Configuración del socket del brazo ..... 93

Figura 51 Estetoscopio con collider modo trigger ..... 94

Figura 52 Top del oxímetro ..... 95

Figura 53 Eje de pivote de Cilinder.001 ..... 95

Figura 54 Controlador de animación del oxímetro ..... 96

Figura 55 Inspector del controlador de animación ..... 96

Figura 56 Inspector de animación de oxímetro ..... 96

Figura 57 Brazalete Cuff del tensiómetro ..... 97

Figura 58 Tensiometro riggeado ..... 98

Figura 59 Animación del tensiómetro ..... 98

Figura 60 Controlador de animación del tensiómetro ..... 99

Figura 61 Animación del estetoscopio ..... 100

Figura 62 Animación del estetoscopio ..... 100

Figura 63 Controlador de animación del estetoscopio ..... 101

Figura 64 Función de escucha de socket del oxímetro ..... 102

Figura 65 Método para llamar al animator del oximetro ..... 103

Figura 66 Gestión de control de canvas del oximetro ..... 103

Figura 67 Configuración de script OximeterDisplayController..... 104

Figura 68 Canvas del oxímetro ..... 105

Figura 69 Función de escucha de socket del tensiómetro ..... 106

Figura 70 Método para llamar al animator del tensiómetro ..... 107

Figura 71 Gestión de control de interacción del tensiómetro ..... 107

Figura 72 Canvas del Tensiómetro ..... 108

Figura 73 Función de escucha de socket del estetoscopio ..... 109

Figura 74 Método para llamar al animator del estetoscopio ..... 109

Figura 75 Corrutina para reproducción del audio del estetoscopio..... 110

Figura 76 Configuración del script StethoscopeMeasurementController.cs..... 111

Figura 77 Medición de temperatura ..... 112

Figura 78 Medición de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca ..... 113

Figura 79 Medición de la presión arterial ..... 114

Figura 80 Pruebas de funcionamiento..... 117

# ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Encuesta de validación de estudiantes de enfermería..... 128

Anexo B. Requisitos del sistema HTC Vive Pro 2 ..... 133

Anexo C. Especificaciones técnicas de computadora MSI Leopard GL65 ..... 134

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto abordó la creación de una plataforma de realidad virtual para el entrenamiento de estudiantes de enfermería en la técnica de toma de signos vitales, buscando innovar los métodos pedagógicos y ofrecer un entorno seguro para desarrollar habilidades prácticas, superando las limitaciones tradicionales. La implementación implicó el modelado 3D de instrumentos clínicos esenciales y la construcción de un escenario simulado, aprovechando herramientas gratuitas y de código abierto como Blender para el modelado y Unity para la programación, lo que permitió mantener los costos iniciales de software en cero. Los únicos desembolsos significativos fueron la adquisición de las gafas HTC Vive Pro 2 y una computadora de alta gama, esenciales para garantizar una experiencia inmersiva. La validación del simulador consistió en someter la plataforma a la evaluación estudiantes de enfermería mediante pruebas prácticas y una encuesta, constatando con satisfacción que los resultados fueron altamente positivos, al percibir la plataforma como una herramienta sumamente instructiva y eficaz para su formación.



**Palabras clave:** Realidad virtual, simulador, enfermería, signos vitales, entrenamiento, Blender, Unity, HTC Vive Pro 2.

## ABSTRACT

The present project addressed the creation of a virtual reality platform for training nursing students in the vital signs measurement technique, seeking to innovate pedagogical methods and offer a safe environment to develop practical skills, overcoming traditional limitations. Implementation involved the 3D modeling of essential clinical instruments and the construction of a simulated scenario, leveraging free and open-source tools such as Blender for modeling and Unity for programming, which allowed maintaining initial software costs at zero. The only significant expenditures were the acquisition of HTC Vive Pro 2 headsets and a high-end computer, essential for ensuring an immersive experience. The simulator's validation consisted of subjecting the platform to evaluation by nursing students through practical tests and a survey, confirming with satisfaction that the results were highly positive, as they perceived the platform as an extremely instructive and effective tool for their training.



**Keywords:** Virtual reality, simulator, nursing, vital signs, training, Blender, Unity, HTC Vive Pro 2.

# CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Tema de investigación

PLATAFORMA PARA EL ENTRENAMIENTO DE ESTUDIANTES DE ENFERMERÍA EN LA TÉCNICA DE TOMA DE SIGNOS VITALES APLICANDO REALIDAD VIRTUAL

### 1.1.1 Planteamiento del problema

En la era postmoderna, el desarrollo tecnológico ha impactado profundamente la forma en que las sociedades acceden y comparten el conocimiento. Este fenómeno ha transformado no solo las dinámicas sociales y laborales, sino también el ámbito educativo, obligando a las instituciones a replantear los métodos de enseñanza para responder a las exigencias de un mundo interconectado y en constante cambio. En este contexto, el uso de tecnologías emergentes como la realidad virtual (RV) ha comenzado a posicionarse como una herramienta esencial en diferentes disciplinas, particularmente en la educación, donde se busca integrar prácticas innovadoras que faciliten el aprendizaje y mejoren la preparación de los futuros profesionales [1].

En el ámbito de la educación superior, y especialmente en el campo de la salud, los avances tecnológicos han abierto nuevas oportunidades para mejorar la enseñanza de competencias prácticas y teóricas. La formación de profesionales de la salud, como los enfermeros, requiere un enfoque educativo que les permita no solo adquirir conocimientos teóricos, sino también desarrollar habilidades críticas para su desempeño en escenarios reales. Hasta ahora, los simuladores han sido utilizados con éxito para reproducir situaciones clínicas, pero la evolución de estas herramientas mediante la incorporación de la realidad virtual ofrece una experiencia educativa más inmersiva y detallada, lo que puede potenciar el aprendizaje y la formación integral de los estudiantes [2].

En el campo específico de la enseñanza de la enfermería, la implementación de simuladores con realidad virtual representa una innovación significativa. Los simuladores tradicionales ya han demostrado su efectividad en el desarrollo de

habilidades técnicas y en la preparación de los estudiantes para situaciones reales, pero las nuevas tecnologías de RV permiten una mayor inmersión y realismo, ofreciendo la posibilidad de interactuar en entornos 3D que reproducen con exactitud los escenarios clínicos. Además, la RV facilita el desarrollo de habilidades blandas, como la comunicación, la ética profesional y la toma de decisiones, al sumergir a los estudiantes en situaciones complejas que imitan los desafíos del entorno laboral de salud [2].

La dependencia de métodos tradicionales en la educación de enfermería limita las oportunidades de los estudiantes para practicar habilidades clínicas en un entorno seguro y controlado. Sin acceso a herramientas innovadoras como la realidad virtual, los estudiantes pueden no desarrollar la confianza y competencia necesarias para manejar situaciones clínicas complejas. Esto puede resultar en una preparación inadecuada, aumentando el riesgo de errores y disminuyendo la calidad del cuidado al paciente.

La falta de énfasis en el desarrollo de habilidades blandas en los programas de formación en enfermería puede llevar a deficiencias en áreas críticas como la comunicación y la toma de decisiones. Sin estas habilidades, los estudiantes pueden tener dificultades para establecer relaciones efectivas con los pacientes y trabajar en equipo con otros profesionales de la salud. Esto puede resultar en una atención al paciente menos efectivo y en una menor capacidad para manejar situaciones éticamente complejas.

Los métodos tradicionales de evaluación en la educación de enfermería a menudo no ofrecen la retroalimentación inmediata y detallada que los estudiantes necesitan para mejorar sus habilidades prácticas. Sin esta retroalimentación, los estudiantes pueden no ser conscientes de sus errores y, por lo tanto, no corregirlos a tiempo. Esto puede resultar en una repetición de los mismos errores en situaciones clínicas reales, comprometiendo la seguridad del paciente y la efectividad del cuidado.

## 1.2 Antecedentes investigativos

En la investigación de Souza-Junior presentada en 2020, titulada "Simulación de realidad virtual en la formación de los estudiantes de Enfermería: una revisión sistemática", se examinan el uso de la realidad virtual en la enseñanza de la enfermería mediante una simulación inmersiva. El trabajo describe el uso de simuladores de realidad virtual que requieren gafas y equipos portátiles avanzados que permiten a los estudiantes interactuar en un entorno clínico virtual. Para el software, emplean un sistema desarrollado específicamente para simular situaciones clínicas complejas y urgentes. Los resultados destacan que esta tecnología mejora significativamente el razonamiento clínico y las habilidades de comunicación, ya que los estudiantes pudieron experimentar situaciones realistas en un entorno seguro que permitió una inmersión completa en la práctica clínica sin riesgo para los pacientes [1].

La investigación de Menjíbar Valencia del 2021, titulada "La realidad virtual como recurso didáctico en la Educación Superior", estudia el impacto de la realidad virtual en la formación de estudiantes de ciencias de la salud. Para este proyecto, el autor emplea dispositivos de realidad virtual, como gafas VR y controladores de movimiento, en combinación con un software de simulación educativa diseñado para generar entornos clínicos interactivos. Los resultados obtenidos demostraron que los estudiantes desarrollan habilidades prácticas en un entorno seguro y controlado, lo cual no solo mejora su confianza en el aprendizaje, sino que también promueve una mayor comprensión de las tareas clínicas y fomenta un aprendizaje más dinámico e inclusivo [3].

En el proyecto, "Efectividad de realidad virtual en el conocimiento y habilidades de RCP en estudiantes de enfermería", de Martínez en el año 2022, se evalúa el impacto de un simulador de realidad virtual en la enseñanza de la reanimación cardiopulmonar. Para el hardware, utilizan dispositivos VR que permiten a los estudiantes una experiencia inmersiva durante el entrenamiento, mientras que el software implementado simula el proceso completo de la RCP. Los resultados reflejaron una mejora significativa en las habilidades y conocimientos de los estudiantes en el procedimiento de RCP, demostrando que la realidad virtual es una herramienta eficaz

para el aprendizaje de técnicas complejas, promoviendo la seguridad en la aplicación de las habilidades adquiridas [2].

En el artículo de Mejías de Duarte del año 2023, titulado "Utilidad de la realidad virtual en la educación de enfermería", los investigadores analizan el impacto de la realidad virtual como herramienta educativa en la formación en enfermería. Utilizan equipos de realidad virtual como Oculus Rift para simular ambientes clínicos y un software de simulación que reproduce procedimientos clínicos esenciales. Este entorno inmersivo permite que los estudiantes practiquen técnicas de enfermería, evaluando su desempeño en tiempo real. Los resultados mostraron que los estudiantes que utilizaron esta tecnología desarrollaron habilidades prácticas y mejoraron su actitud profesional, experimentando un aprendizaje significativo al practicar sin riesgos de errores graves en la realidad [4].

En la revisión sistemática realizada por Viana Ponce realizada en 2024, llamada "Realidad Virtual y Aumentada como Herramienta para la Formación en Enfermería Iberoamericana", se analizan varias aplicaciones de realidad virtual y aumentada en la formación de enfermeros en Iberoamérica. El estudio emplea hardware de realidad aumentada y virtual, como gafas especializadas y sistemas de retroalimentación táctil, que permiten a los estudiantes manipular objetos virtuales en 3D. Para el software, se basan en plataformas educativas interactivas adaptadas a la educación en salud. Los resultados indican que el uso de estas tecnologías facilita el aprendizaje autorregulado en un entorno controlado, garantizando la seguridad de los estudiantes y mejorando su confianza y desempeño al enfrentar situaciones complejas en escenarios realistas [5].

### 1.3 Fundamentación teórica

Para comprender el impacto de la realidad virtual en la formación de enfermería, es esencial explorar previamente conceptos clave como los signos vitales y sus mediciones, ya que estos son fundamentales para crear simulaciones precisas en un entorno de RV. Además, se abordarán los beneficios de la realidad virtual en la educación de la salud, mostrando cómo esta tecnología ofrece una experiencia inmersiva que mejora la comprensión y práctica de habilidades clínicas. Estos temas permiten contextualizar la propuesta del proyecto, resaltando su importancia en la

mejora del aprendizaje práctico y la preparación de los futuros profesionales de la salud.

### 1.3.1 ¿Qué son los signos vitales?

Los signos vitales son indicadores fundamentales del estado de salud de un individuo y proporcionan información crucial sobre las funciones corporales básicas. Según Potter y Perry en "Fundamentals of Nursing", los signos vitales incluyen la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la presión arterial, y su medición debe ser precisa y meticulosa. La temperatura corporal refleja el balance entre la producción y pérdida de calor en el cuerpo, mientras que la frecuencia cardíaca y la respiración indican la eficiencia cardiovascular y respiratoria, respectivamente. La presión arterial, por su parte, proporciona información sobre la fuerza y el volumen de la sangre en las arterias, lo cual es esencial para detectar alteraciones hemodinámicas. Estos parámetros se miden de manera periódica y sistemática en un entorno clínico, y cualquier variación puede ser un indicador de problemas de salud o respuestas a intervenciones clínicas [6].

El libro "Manual of Nursing Diagnosis" de Carpenito aborda cómo la evaluación de los signos vitales es esencial para el diagnóstico de problemas de salud, tanto agudos como crónicos. La interpretación correcta de los signos vitales permite al personal de enfermería intervenir adecuadamente, especialmente en situaciones de emergencia o en la evaluación continua de la condición de un paciente. Esta capacidad de monitoreo continuo es clave en la práctica de enfermería, ya que los signos vitales se consideran un componente central de la atención, ayudando a los enfermeros a identificar cambios en el estado de salud del paciente y responder de manera adecuada y oportuna [7].

#### *a. Variables que afectan los signos vitales*

Los signos vitales son indicadores esenciales que permiten evaluar el estado de salud de un individuo, proporcionando información clave sobre el funcionamiento de los sistemas fisiológicos básicos. Estos signos incluyen la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal, entre otros. Sin embargo, estos valores no son constantes y pueden variar significativamente en función de

diversos factores. Las variables que afectan los signos vitales son múltiples y pueden ser de naturaleza fisiológica, emocional o externa. Entre estas variables se incluyen factores como la edad, el género, el ejercicio físico, el embarazo, el estado emocional, las hormonas y los medicamentos. Cada una de estas influye en la medición de los signos vitales de una manera particular. Por ejemplo, la frecuencia cardíaca tiende a ser más alta en los recién nacidos, pero disminuye a medida que se envejece, y se ve afectada también por el ejercicio físico o el estado emocional de una persona. Estos factores, junto con otros aspectos fisiológicos, determinan los valores de los signos vitales en diferentes contextos [8].

Estas alteraciones en los signos vitales se presentan en la Tabla 1, donde se aprecia cómo cada una de estas variables afecta a los signos vitales.

Tabla 1 Variables que afectan los signos vitales [8]

| Variable | Efecto en los Signos Vitales | Dato Relevante |
|---|---|---|
| **Edad** | Frecuencia Cardíaca (FC) más alta en niños y disminuye con la edad. | La FC en recién nacidos: 120-160 lpm, mientras que en adultos: 60-100 lpm. |
| | Presión Arterial (PA) más baja en niños y más alta en adultos mayores. | La rigidez de los vasos en adultos mayores aumenta la PA. |
| **Género** | FC y FR más altas en mujeres que en hombres. | La FC de mujeres adultas: 70-80 lpm, más alta que en hombres. |
| **Ejercicio Físico** | Aumento de la FC y FR durante el ejercicio. | Los atletas pueden experimentar bradicardia (FC baja en reposo). |
| **Embarazo** | FC aumenta, PA puede disminuir al inicio y aumentar al final. | Aumento de FC en mujeres embarazadas: 10-15 lpm. |
| **Estado Emocional** | Aumento de FC y PA por activación del sistema nervioso simpático. | El estrés y la ansiedad aumentan la PA y FC. |
| **Hormonas** | FC, FR y PA afectados por hormonas tiroideas. | El hipertiroidismo aumenta la FC, mientras que el hipotiroidismo la disminuye. |
| **Medicamentos** | Betabloqueadores disminuyen la FC; adrenalina la aumenta. | Los broncodilatadores como la adrenalina elevan la FC y FR. |

### 1.3.2 La frecuencia Cardiaca (FC)

La frecuencia cardíaca (FC), también conocida como el pulso, es el número de latidos del corazón por minuto y constituye uno de los signos vitales más importantes para evaluar la salud cardiovascular. La medición de la frecuencia cardíaca es fundamental

para monitorear el funcionamiento del corazón, ya que refleja cómo responde el sistema cardiovascular a diversas condiciones fisiológicas y patológicas. Varios factores pueden influir en la frecuencia cardíaca, tales como la edad, el ejercicio físico, el estado emocional, las enfermedades, y los medicamentos. Por ejemplo, la frecuencia cardíaca puede aumentar durante el ejercicio físico para satisfacer las necesidades de oxígeno de los músculos, y disminuir en reposo o en condiciones de bradicardia fisiológica, como ocurre en los atletas entrenados. Asimismo, el estrés y las emociones fuertes pueden elevar la frecuencia cardíaca debido a la activación del sistema nervioso simpático. Además, ciertas condiciones médicas, como la hipertiroidismo, también pueden modificar la frecuencia cardíaca [9].

En la Tabla 2, se presenta cómo diversos factores afectan la frecuencia cardíaca.

Tabla 2 Variables que afectan la Frecuencia Cardiaca [9]

| Factor | Efecto en la Frecuencia Cardíaca (FC) | Dato Relevante |
|---|---|---|
| **Edad** | La FC es más alta en niños y disminuye con la edad. | En recién nacidos, la FC es de 120-160 lpm, mientras que en adultos saludables es de 60-100 lpm. |
| **Ejercicio Físico** | Aumenta la FC durante el ejercicio; disminuye en atletas entrenados. | La FC de los atletas en reposo puede ser tan baja como 40 lpm debido a la bradicardia fisiológica. |
| **Estado Emocional** | FC aumenta debido al estrés, miedo o ansiedad. | El miedo y la ansiedad pueden elevar la FC hasta 100 lpm o más, dependiendo de la intensidad emocional. |
| **Enfermedades** | Enfermedades como el hipertiroidismo aumentan la FC. | El hipertiroidismo puede causar una FC elevada, incluso superior a 100 lpm en reposo. |
| **Medicamentos** | Betabloqueadores disminuyen la FC, mientras que los broncodilatadores como la adrenalina la aumentan. | Los betabloqueadores reducen la FC a niveles de 50-60 lpm en pacientes tratados. |
| **Temperatura Corporal** | Aumento de la FC en fiebre o enfermedades febril. | Durante la fiebre, la FC puede aumentar en 10-15 lpm por cada grado Celsius de fiebre. |

### 1.3.3 La presión arterial (PA)

La presión arterial (PA) es un indicador vital que refleja la fuerza con la que la sangre fluye por las arterias al ser bombeada por el corazón. Se mide en dos fases: presión

sistólica (PAS), que es la máxima cuando el corazón se contrae, y presión diastólica (PAD), que es la mínima cuando el corazón está en reposo. La PA es crucial para evaluar la salud cardiovascular, pero diversos factores pueden influir en sus valores. Factores como la edad, el género, el estrés, el ejercicio físico y las enfermedades pueden alterar estos valores, haciéndolos más altos o más bajos dependiendo de la condición de la persona. Por ejemplo, con la edad, los vasos sanguíneos pierden elasticidad, lo que genera un aumento en la presión arterial. El estrés o las emociones intensas también pueden provocar un aumento temporal de la PA [10].

Para comprender mejor cómo estos factores afectan la presión arterial, en la Tabla 3 se presenta los datos más relevantes que llegan a modificar repentinamente la presión arterial.

Tabla 3 Variables que afectan la Presión Arterial [10]

| Factor | Efecto en la Presión Arterial (PA) | Dato Relevante |
|---|---|---|
| **Edad** | Con el paso de los años, la PA suele aumentar debido a la rigidez de los vasos sanguíneos. | En adultos mayores, la PAS puede superar los 140 mmHg, mientras que en personas jóvenes es normalmente 120/80 mmHg. |
| **Ejercicio Físico** | Durante el ejercicio, la PA sistólica aumenta para satisfacer las demandas del cuerpo, pero la PA diastólica se mantiene constante o incluso disminuye. | Durante un ejercicio intenso, la PAS puede llegar hasta 200 mmHg en personas que no están entrenadas. |
| **Estado Emocional** | El estrés, la ansiedad o el miedo pueden elevar la PA debido a la activación del sistema nervioso. | La PA puede aumentar entre 20-30 mmHg durante un episodio de ansiedad o miedo intenso. |
| **Enfermedades** | Condiciones como la hipertensión o enfermedades renales aumentan la PA. | La hipertensión se diagnostica cuando la PAS supera los 140 mmHg y la PAD 90 mmHg de manera constante. |
| **Medicamentos** | Algunos medicamentos, como los betabloqueadores, ayudan a reducir la PA, mientras que otros, como la adrenalina, pueden elevarla. | Los betabloqueadores pueden disminuir la PA hasta 100/60 mmHg en personas tratadas. |
| **Dieta y Consumo de Sal** | Una dieta alta en sal puede contribuir al aumento de la PA. | Reducir la sal en la dieta puede bajar la PA entre 5-10 mmHg, especialmente en personas con hipertensión. |

### 1.3.4 La frecuencia respiratoria (FR)

La frecuencia respiratoria (FR) es un indicador importante de la función pulmonar y refleja el número de respiraciones que realiza una persona por minuto. Una frecuencia respiratoria dentro de los valores normales es clave para evaluar la capacidad del cuerpo para intercambiar gases, especialmente oxígeno y dióxido de carbono, durante el proceso de respiración. La medición de la FR es esencial, ya que puede indicar tanto el estado fisiológico normal como la presencia de posibles alteraciones respiratorias. Al igual que con otros signos vitales, diversos factores pueden influir en la frecuencia respiratoria, tales como la edad, el ejercicio físico, el estado emocional, las enfermedades respiratorias y las condiciones ambientales. Por ejemplo, durante el ejercicio, la FR aumenta para proporcionar oxígeno adicional a los músculos, mientras que el estrés o la ansiedad pueden acelerar la respiración [9].

A continuación, se presenta la Tabla 4 que resume cómo cada uno de estos factores afecta la frecuencia respiratoria.

Tabla 4 Variables que afectan la Frecuencia Respiratoria [8], [9]

| Factor | Efecto en la Frecuencia Respiratoria (FR) | Dato Relevante |
|---|---|---|
| **Edad** | La FR es más alta en los recién nacidos y disminuye con la edad. | En recién nacidos, la FR normal es de 30-60 respiraciones por minuto, mientras que en adultos es de 12-20 respiraciones por minuto. |
| **Ejercicio Físico** | La FR aumenta durante el ejercicio para satisfacer la mayor demanda de oxígeno. | Durante el ejercicio, la FR puede aumentar a 40-60 respiraciones por minuto dependiendo de la intensidad de la actividad. |
| **Estado Emocional** | El estrés o la ansiedad pueden aumentar la FR debido a la hiperventilación. | El miedo o la ansiedad pueden elevar la FR hasta 30 respiraciones por minuto o más en situaciones intensas. |
| **Enfermedades Respiratorias** | Enfermedades como el asma o la EPOC pueden aumentar la FR debido a la dificultad para respirar. | En pacientes con EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica), la FR en reposo puede estar entre 20-30 respiraciones por minuto. |
| **Altitud** | A mayor altitud, la FR puede aumentar para compensar la menor disponibilidad de oxígeno. | En altitudes elevadas, como en ciudades a más de 2500 metros sobre el nivel del mar, la FR puede ser un 20-30% más alta debido a la menor presión de oxígeno. |

| | | |
|---|---|---|
| **Temperatura Corporal** | La fiebre puede elevar la FR debido a la mayor producción de calor metabólico. | Durante fiebre, la FR puede aumentar en 2-4 respiraciones por minuto por cada grado Celsius de temperatura corporal. |

### 1.3.5 La temperatura corporal

La temperatura corporal (TC) es uno de los signos vitales clave que ayuda a monitorear el equilibrio térmico del cuerpo y su capacidad para regular la producción y pérdida de calor. La temperatura se mantiene dentro de un rango estrecho para asegurar el funcionamiento adecuado de los sistemas fisiológicos. Factores como la edad, el ejercicio físico, el estado emocional, las enfermedades y las variaciones hormonales pueden influir en la temperatura corporal. Por ejemplo, durante el ejercicio, el cuerpo genera calor debido al aumento del metabolismo, lo que puede elevar temporalmente la temperatura corporal. Por otro lado, las infecciones o enfermedades inflamatorias suelen elevar la temperatura debido a la respuesta del cuerpo a los patógenos. Además, la temperatura corporal puede variar entre personas y en diferentes momentos del día [9].

En la Tabla 5, se presenta una tabla que resume cómo estos factores afectan la temperatura corporal, con datos reales que ilustran su influencia en diferentes situaciones.

Tabla 5 Variables que afectan la Temperatura Corporal [9]

| Factor | Efecto en la Temperatura Corporal (TC) | Dato Relevante |
|---|---|---|
| **Edad** | Los recién nacidos y los ancianos tienen más dificultad para regular la temperatura corporal. | Los recién nacidos son más vulnerables a la hipotermia, con una temperatura corporal promedio más baja que en adultos (36-36.5°C). |
| **Ejercicio Físico** | El ejercicio físico eleva la temperatura corporal debido a la mayor producción de calor metabólico. | Durante el ejercicio intenso, la TC puede aumentar hasta 38-39°C en una persona promedio. |
| **Estado Emocional** | El estrés y la ansiedad pueden elevar la temperatura corporal debido a la activación del sistema nervioso simpático. | En situaciones de estrés emocional, la TC puede aumentar 0.5-1°C debido a la liberación de hormonas como la adrenalina. |

| | | |
|---|---|---|
| **Enfermedades** | Las infecciones y otras enfermedades inflamatorias pueden aumentar la temperatura corporal (fiebre). | La fiebre asociada con infecciones puede elevar la TC a 38-39°C, y en casos graves, puede superar los 40°C. |
| **Hormonas** | Las fluctuaciones hormonales, especialmente durante el ciclo menstrual, afectan la temperatura corporal. | La TC puede aumentar entre 0.3-0.6°C durante la fase lútea del ciclo menstrual debido a la progesterona. |
| **Consumo de Alimentos y Bebidas** | La ingesta de alimentos y bebidas calientes o frías puede alterar temporalmente la temperatura corporal. | La ingesta de bebidas frías puede disminuir la TC oral temporalmente hasta 0.5°C. |

### 1.3.6 La saturación de oxigeno

La oximetría es una técnica no invasiva que se utiliza para medir la saturación de oxígeno en la sangre. Este valor es crucial para evaluar la eficiencia de la respiración y la circulación sanguínea. La medición de la oximetría se realiza mediante un dispositivo llamado oxímetro de pulso, que emite luz en longitudes de onda específicas para medir la cantidad de oxígeno presente en la hemoglobina de la sangre. El valor de la saturación de oxígeno, o SpO2, es un indicador clave de la salud respiratoria de una persona. Factores como la edad, el estado emocional, las enfermedades respiratorias, la altitud y las condiciones ambientales pueden influir en la medición de la oximetría. Por ejemplo, la hipoxia (niveles bajos de oxígeno en sangre) puede presentarse en pacientes con enfermedades respiratorias graves o en ambientes de alta altitud [11].

A continuación, se presenta una tabla que resume cómo diferentes factores afectan la medición de la oximetría, utilizando datos reales que ilustran su impacto.

Tabla 6 Variables que afectan el nivel de oxígeno [11]

| Factor | Efecto en la Oximetría (SpO2) | Dato Relevante |
|---|---|---|
| **Edad** | Los recién nacidos y los adultos mayores pueden tener niveles de SpO2 ligeramente más bajos. | En recién nacidos, el SpO2 normal varía entre 88-95%, mientras que en adultos es idealmente >95%. |
| **Estado Emocional** | El estrés y la ansiedad pueden aumentar temporalmente la frecuencia respiratoria, lo que puede afectar la medición de SpO2. | En momentos de estrés, la SpO2 puede disminuir ligeramente, ya que la respiración puede volverse superficial. |

| | | |
|---|---|---|
| **Enfermedades Respiratorias** | Las enfermedades como el asma, EPOC o neumonía pueden reducir la SpO2 debido a la obstrucción o inflamación de las vías respiratorias. | En pacientes con EPOC, la SpO2 en reposo puede estar entre 88-92%, indicando hipoxia leve. |
| **Altitud** | A mayor altitud, la SpO2 tiende a disminuir debido a la menor cantidad de oxígeno disponible en el aire. | A 3000 metros sobre el nivel del mar, el SpO2 puede reducirse al 90-92%, mientras que en altitudes más altas podría disminuir aún más. |
| **Temperatura Corporal** | La hipotermia puede afectar la medición de SpO2, ya que una circulación periférica reducida dificulta la medición precisa. | En condiciones de hipotermia, el SpO2 puede ser inexacto, mostrando valores bajos debido a la mala perfusión periférica. |
| **Fármacos** | Medicamentos que afectan la circulación o la respiración, como los sedantes o los analgésicos, pueden alterar la SpO2. | Los sedantes pueden disminuir la SpO2 a valores de 88-92%, lo que indica una posible depresión respiratoria. |

### 1.3.7 Realidad virtual como herramienta de aprendizaje

La realidad virtual (RV) ha emergido como una herramienta innovadora y transformadora en la educación, especialmente en el campo de la salud. Su capacidad para crear entornos inmersivos permite a los estudiantes enfrentarse a situaciones clínicas de manera segura y controlada, lo cual es crucial en disciplinas como la enfermería, donde la experiencia práctica es fundamental. En lugar de depender únicamente de simuladores tradicionales o de escenarios de práctica en pacientes reales, la RV ofrece la oportunidad de experimentar situaciones que de otro modo serían difíciles de recrear, como emergencias médicas o condiciones raras. Esto no solo incrementa la exposición de los estudiantes a una variedad de casos clínicos, sino que también les permite practicar técnicas sin el riesgo de cometer errores que podrían afectar a un paciente real [12].

Además de la capacitación técnica, la realidad virtual tiene un impacto significativo en el desarrollo de habilidades blandas. Los estudiantes no solo aprenden cómo tomar signos vitales o realizar procedimientos médicos, sino que también tienen la oportunidad de mejorar su capacidad para tomar decisiones bajo presión, desarrollar la empatía y mejorar la comunicación con los pacientes. Estos aspectos son esenciales en la práctica clínica, y la RV permite simular interacciones con pacientes virtuales, lo que refuerza la formación emocional y profesional de los futuros enfermeros.

Otro de los beneficios de la RV es la posibilidad de recibir retroalimentación en tiempo real, lo que facilita el aprendizaje autónomo. Este tipo de retroalimentación es esencial para el proceso educativo, ya que permite a los estudiantes identificar sus errores y corregirlos antes de enfrentarse a situaciones clínicas reales. En lugar de depender únicamente de la evaluación del instructor, la RV proporciona un sistema automático que analiza el desempeño y proporciona recomendaciones personalizadas, mejorando la calidad del aprendizaje y la retención del conocimiento.

### 1.3.8 Beneficios de la realidad virtual

La educación en salud requiere un enfoque que combine teoría y práctica para preparar a los estudiantes en habilidades críticas y toma de decisiones. Tradicionalmente, el aprendizaje en este campo se ha basado en métodos como clases magistrales, simulaciones físicas y prácticas clínicas supervisadas. Sin embargo, con la incorporación de tecnologías como la realidad virtual (RV), las dinámicas de enseñanza han evolucionado significativamente, ofreciendo una alternativa innovadora y efectiva. A continuación, se presenta un análisis comparativo basado en fuentes científicas sobre las ventajas y limitaciones de ambos métodos.

#### *a. Métodos Tradicionales*

Los métodos tradicionales han sido la base de la educación en salud durante décadas. Según la investigación realizada en [13], estos métodos incluyen simuladores físicos, maniquíes y la interacción directa con pacientes en escenarios reales. Una de las principales ventajas de esta metodología es la experiencia directa, que permite a los estudiantes familiarizarse con los instrumentos y entornos clínicos reales. Además, la accesibilidad de estos métodos suele ser alta, ya que las instituciones educativas están equipadas con recursos básicos como laboratorios y bibliotecas.

Sin embargo, los métodos tradicionales presentan limitaciones importantes. En [14] se señala que los maniquíes y simuladores físicos tienen una capacidad limitada para reproducir escenarios clínicos complejos. Asimismo, la retroalimentación depende exclusivamente del instructor, lo que puede generar inconsistencias en la evaluación. Otra limitación destacada es la falta de oportunidades para repetir procedimientos de

manera constante debido a la disponibilidad limitada de recursos y la necesidad de mantener a los estudiantes en un entorno supervisado.

***b. Realidad virtual***

La realidad virtual ha demostrado ser una herramienta innovadora en la educación en salud. Estudios como en [15] destacan que la RV permite la simulación de entornos clínicos inmersivos con un alto grado de realismo. Esta tecnología facilita la práctica repetitiva en un entorno seguro y controlado, reduciendo riesgos tanto para los estudiantes como para los pacientes. La retroalimentación en tiempo real es otro aspecto fundamental de la RV, ya que los sistemas registran y analizan automáticamente el desempeño, permitiendo que los estudiantes identifiquen y corrijan sus errores.

Además, la RV permite el acceso a escenarios clínicos que son difíciles de encontrar en la práctica real, como emergencias críticas o condiciones médicas raras. Esta capacidad mejora la preparación de los estudiantes, aumentando su confianza y competencia. Asimismo, la RV fomenta el desarrollo de habilidades blandas como la comunicación y la ética profesional, al incluir simulaciones de interacción con pacientes virtuales.

Sin embargo, la realidad virtual también tiene sus desafíos. La implementación de esta tecnología requiere una inversión inicial elevada en equipos como gafas de RV, computadoras de alto rendimiento y software especializado. Además, tanto los estudiantes como los docentes necesitan capacitación para adaptarse a estas herramientas, lo que puede limitar su adopción en instituciones con menos recursos.

### 1.3.9 Motor de desarrollo 3D

Los motores de desarrollo 3D son herramientas fundamentales en la creación de videojuegos y simulaciones interactivas. Estos motores proporcionan una infraestructura robusta que permite a los desarrolladores integrar gráficos, física, sonido, inteligencia artificial y otros componentes esenciales en una experiencia interactiva coherente. Algunos de los motores más destacados incluyen Unity, Unreal Engine y Godot, cada uno con sus características y ventajas particulares.

### *a. Unity*

Unity es reconocido por su versatilidad y facilidad de uso, lo que lo convierte en una opción popular tanto para principiantes como para desarrolladores profesionales. Su compatibilidad con una amplia gama de plataformas, como PC, dispositivos móviles, consolas y entornos de realidad virtual y aumentada, lo posiciona como una de las herramientas más completas. Utiliza C# como su principal lenguaje de programación, y su interfaz intuitiva permite a los usuarios trabajar de manera eficiente. Unity destaca en proyectos multiplataforma y en la creación de aplicaciones de realidad virtual. Sin embargo, aunque ofrece gráficos avanzados a través de sus pipelines de renderizado Universal (URP) y High Definition (HDRP), no alcanza la calidad cinematográfica de otros motores como Unreal Engine [16].

### *b. Unreal Engine*

Unreal Engine es conocido por su capacidad para generar gráficos de alta calidad, ideales para proyectos de gran envergadura como videojuegos AAA y simulaciones complejas. Este motor utiliza C++ como lenguaje principal, pero también incluye Blueprints, un sistema de scripting visual que facilita el desarrollo para quienes tienen poca experiencia en programación. Aunque su curva de aprendizaje es considerablemente más pronunciada que la de Unity, su capacidad gráfica, incluyendo el soporte para ray tracing y efectos visuales avanzados, lo convierten en una herramienta preferida para desarrolladores que buscan resultados de calidad cinematográfica. Unreal Engine es gratuito hasta que los ingresos de un proyecto alcanzan un millón de dólares, lo que lo hace accesible para estudios independientes y desarrolladores emergentes [17].

### *c. CryEngine*

CryEngine es un motor especializado en gráficos fotorrealistas, especialmente eficiente en la creación de entornos naturales detallados y simulaciones avanzadas. Aunque su capacidad gráfica es impresionante, su interfaz es técnica y requiere conocimientos avanzados para aprovechar al máximo sus herramientas. Este motor utiliza C++ y Lua como lenguajes principales, y aunque ofrece una licencia gratuita, su documentación y soporte no son tan robustos como los de Unity o Unreal Engine.

CryEngine es ideal para proyectos que buscan un realismo visual excepcional, pero su complejidad técnica limita su accesibilidad a equipos con experiencia [18].

A continuación, en la Tabla 7 se estudian diferentes características para evaluar el motor de desarrollo con mejores prestaciones.

Tabla 7 Comparación de diferentes motores de desarrollo 3D [16], [17], [18]

| Características | Unity | Unreal Engine | Godot |
|---|---|---|---|
| **Licencia** | Gratuito para proyectos con ingresos anuales inferiores a $100,000. Paga una suscripción para ingresos mayores. | Gratuito, pero con un royalty del 5% sobre ingresos superiores a $1 millón. | 100% gratuito, de código abierto, sin royalties ni tarifas. |
| **Lenguaje de programación** | C# como lenguaje principal. | C++ para programación avanzada; Blueprints (sistema visual de scripting). | GDScript (similar a Python), C#, C++, VisualScript. |
| **Gráficos** | Buen rendimiento gráfico, especialmente para dispositivos móviles y 2D. | Gráficos avanzados de calidad cinematográfica (Soporte de Ray Tracing y efectos visuales avanzados). | Gráficos adecuados para 2D y 3D, pero no tiene el mismo nivel de realismo que Unreal. |
| **Plataformas soportadas** | Windows, macOS, Linux, Android, iOS, Web, PlayStation, Xbox, VR/AR. | Windows, macOS, Linux, PlayStation, Xbox, Nintendo Switch, VR/AR. | Windows, macOS, Linux, iOS, Android, HTML5, PS4, Xbox (experimental). |
| **Comunidad y soporte** | Gran comunidad, 3.5 millones de desarrolladores activos a 2023. | Comunidad extensa, especialmente para proyectos AAA, 2 millones de desarrolladores. | Comunidad activa de código abierto, más de 50,000 desarrolladores. |
| **Documentación** | Extensa documentación y tutoriales disponibles. | Documentación exhaustiva, aunque más centrada en proyectos grandes. | Documentación activa y recursos de la comunidad, pero menos extensa. |
| **Desempeño (FPS en juegos 3D)** | Puede manejar hasta 60-120 FPS en juegos 3D en plataformas estándar. | Soporta juegos 3D con gráficos complejos a más de 60 FPS (dependiendo de la configuración del hardware). | Generalmente alcanza 30-60 FPS en proyectos 3D de tamaño medio. |
| **Uso principal** | Juegos móviles, aplicaciones 2D, AR/VR, simulaciones. | Juegos AAA 3D, experiencias VR/AR, simulaciones complejas. | Juegos independientes, prototipos, proyectos 2D y 3D pequeños a medianos. |
| **Costo** | Gratuito hasta $100,000 de ingresos; suscripción Pro desde $40/mes por usuario. | Gratuito, royalties del 5% sobre ingresos superiores a $1 millón. | Totalmente gratuito y de código abierto. |

### 1.3.10 Gafas de realidad virtual

Las gafas de realidad virtual (VR) han evolucionado significativamente en los últimos años, consolidándose como herramientas tecnológicas avanzadas con aplicaciones en diversos campos. Actualmente, el mercado ofrece varios tipos de dispositivos que varían en características, funcionalidades y tecnologías empleadas, lo que los hace adecuados para diferentes necesidades y usuarios [19].

Entre los dispositivos más destacados se encuentran las gafas standalone, como las Meta Quest 3 y Pico 4. Estas gafas son completamente autónomas, ya que integran hardware de procesamiento, pantallas y baterías, lo que elimina la necesidad de conexión a computadoras externas. Son fáciles de usar, portátiles y accesibles, orientadas tanto a juegos como a experiencias inmersivas de educación y entrenamiento. En comparación, las gafas tethered, como las HTC Vive Pro 2 o las Valve Index, dependen de una conexión a una computadora de alto rendimiento. Ofrecen mayor potencia gráfica y capacidad de procesamiento, lo que las convierte en la opción ideal para aplicaciones complejas como el diseño arquitectónico o simulaciones avanzadas. Sin embargo, su dependencia de cables y hardware externo las hace menos portátiles [19].

Por otro lado, las gafas basadas en smartphones, como las Samsung Gear VR o Google Cardboard, utilizan dispositivos móviles para ofrecer experiencias de realidad virtual. Aunque son más económicas y accesibles, tienen limitaciones significativas en términos de calidad gráfica y funcionalidad, siendo más adecuadas para experiencias básicas o introducción a la realidad virtual.

#### *a. Gafas de RV Meta Quest 3*

El Meta Quest 3 que se muestra en la Figura 1, es un visor de realidad virtual (VR) de última generación desarrollado por Meta Platforms, lanzado oficialmente el 10 de octubre de 2023. Este dispositivo destaca por su diseño más delgado y ligero en comparación con su predecesor, el Quest 2, y por incorporar tecnología de realidad mixta (MR) que permite una interacción más natural con el entorno físico. Equipado con un sistema en chip Qualcomm Snapdragon XR2 Gen 2, el Quest 3 ofrece un

rendimiento gráfico significativamente superior, permitiendo experiencias más inmersivas y fluidas en aplicaciones y juegos [20].



Figura 1 Gafas de RV Meta Quest 3

En términos de visualización, el Quest 3 cuenta con dos paneles LCD+ RGB-stripe con una resolución de 2064 × 2208 píxeles por ojo, soportando tasas de refresco de hasta 120 Hz. Esta configuración mejora la claridad y la inmersión visual, especialmente en aplicaciones de realidad mixta que combinan elementos virtuales con el entorno real. Además, dispone de cámaras de alta resolución y sensores de profundidad que facilitan la creación de mallas del entorno, permitiendo al usuario interactuar con su entorno desde dentro del visor.

### *b. Gafas de RV Pico 4*

Las gafas de realidad virtual Pico 4 de la Figura 2, desarrolladas por ByteDance, representan una propuesta avanzada en el ámbito de la realidad virtual autónoma. Estas gafas están diseñadas para ofrecer una experiencia inmersiva sin necesidad de conexión a PC o consola, posicionándose como una alternativa competitiva frente a otros dispositivos.



Figura 2 Gafas de RV Pico 4

Están equipadas con un procesador Qualcomm Snapdragon XR2 y 8 GB de RAM, las Pico 4 ofrecen un rendimiento optimizado para aplicaciones de realidad virtual. Su pantalla LCD de 2.56 pulgadas por ojo, con una resolución de 4320 × 2160 píxeles (2160 × 2160 por ojo), proporciona una densidad de píxeles de 1200 PPI, lo que resulta en imágenes nítidas y detalladas. Además, cuentan con lentes tipo pancake que permiten un diseño más compacto y ligero, con un campo de visión de 105° y una tasa de refresco de hasta 90 Hz. El ajuste de la distancia interpupilar (IPD) es manual, con un rango de 62 a 72 mm [21].

### *c. Gafas de RV HTC Vive Pro 2*




Figura 3 Gafas de RV HTC Vive Pro 2

Las gafas de realidad virtual HTC Vive Pro 2 de la Figura 3 son una de las opciones más avanzadas en el mercado para aquellos que buscan una experiencia inmersiva de alta calidad, ya sea para aplicaciones profesionales o entretenimiento. Este dispositivo se distingue principalmente por su resolución de 5K, lo que significa que ofrece una calidad visual mucho más nítida y detallada que otros visores de la competencia. Con

una resolución de 2448 x 2448 píxeles por ojo, las HTC Vive Pro 2 logran reducir el famoso "screen door effect" (el efecto de la malla visible entre los píxeles) que suele distraer a los usuarios en otros dispositivos [22].

Una de las características más sobresalientes es su campo de visión de 120 grados, lo cual es muy cercano a la visión humana natural. Esto significa que la sensación de inmersión que ofrecen estas gafas es superior, ya que el usuario puede ver más de lo que está sucediendo en el entorno virtual sin sentir que hay limitaciones o bordes visibles, lo cual hace que la experiencia sea más fluida y realista.

En términos de rendimiento, las Vive Pro 2 están equipadas con una pantalla LCD de baja persistencia y una tasa de refresco de hasta 120 Hz, lo que garantiza que los movimientos rápidos en el entorno virtual se vean de manera clara y sin interrupciones. Esta combinación de alta resolución y tasa de refresco permite una experiencia visual suave, esencial para aquellos que pasan largas horas en realidad virtual, ya sea trabajando o jugando [22].

Sin embargo, estas gafas requieren un equipo de alto rendimiento para aprovechar todo su potencial. Se necesita un PC con una tarjeta gráfica potente, como una NVIDIA GeForce RTX 2060 o superior, y una salida DisplayPort 1.4. Esto significa que, si bien las Vive Pro 2 ofrecen una calidad excepcional, no son dispositivos completamente autónomos y dependen de un PC para su funcionamiento.

En la Tabla 8, se presenta una tabla comparativa detallada de tres de los dispositivos de realidad virtual más destacados en el mercado: Meta Quest 3, Pico 4 y HTC Vive Pro 2. Cada uno de estos visores tiene características y capacidades que los posicionan de manera diferente, dependiendo del tipo de experiencia de realidad virtual que se busque.

Tabla 8 Comparación de diferentes gafas de RV [20], [21], [22]

| **Especificación** | **Meta Quest 3** | **Pico 4** | **HTC Vive Pro 2** |
|---|---|---|---|
| **Resolución** | 2064 × 2208 píxeles por ojo (2K por ojo) | 2160 × 2160 píxeles por ojo | 2448 × 2448 píxeles por ojo (5K total) |
| **Pantalla** | LCD+ RGB-stripe | LCD | LCD de baja persistencia RGB |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Frecuencia de actualización** | Hasta 120 Hz | Hasta 90 Hz | Hasta 120 Hz |
| **Campo de visión (FoV)** | 110° | 105° | 120° |
| **Tecnología de seguimiento** | 6DoF (Seis grados de libertad) con seguimiento de manos y controladores Touch Plus | 6DoF (Seis grados de libertad) con seguimiento de manos y controladores Touch | 6DoF (Seis grados de libertad) con estaciones base SteamVR 2.0 |
| **Audio** | Sonido integrado con altavoces estéreo | Sonido integrado con altavoces estéreo | Auriculares Hi-Res removibles, sonido espacial 3D |
| **Conectividad** | Wi-Fi 6, Bluetooth 5.2, sin necesidad de PC | Wi-Fi 6, Bluetooth 5.1, sin necesidad de PC | Conexión a PC, DisplayPort 1.4, requiere tarjeta gráfica de alto rendimiento |
| **Sistema Operativo** | Meta OS (basado en Android) | Pico OS (basado en Android) | SteamVR 2.0 con soporte para Windows 10 y superiores |
| **Controladores** | Controladores Touch Plus | Controladores Pico 4 | Controladores Vive con seguimiento de 6DoF |
| **Peso** | 515 g (solo dispositivo) | 295 g (solo dispositivo) | 850 g (con auriculares y cable) |
| **Requisitos de PC** | No requiere PC (autónomo) | No requiere PC (autónomo) | Requiere PC con una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce RTX 2060 o superior |
| **Interacción con el entorno** | Realidad mixta (MR) | Realidad mixta (MR) | Requiere espacio físico y estaciones base para el seguimiento preciso |
| **Precio Aproximado** | Desde 499 USD | Desde 399 USD | Desde 799 USD |

### 1.3.11 Software de modelado 3D

Los software de modelado 3D son herramientas esenciales en la creación de contenido digital tridimensional, que se utilizan en una variedad de campos, desde la creación de videojuegos, películas y simulaciones, hasta el diseño industrial y la arquitectura. Estos programas permiten a los usuarios crear, modificar y visualizar modelos en 3D, facilitando la creación de objetos y escenas realistas o estilizadas [23].

Los programas de modelado 3D están diseñados para ofrecer control preciso sobre la geometría de los modelos, permitiendo a los diseñadores manipular formas y estructuras con una gran flexibilidad. La creación de un modelo 3D involucra varias

fases, como la creación de la malla, la texturización, y la iluminación. Además, muchos de estos programas permiten la animación de los modelos, lo que es crucial en áreas como la creación de videojuegos, películas de animación y simulaciones interactivas.

### *a. Blender*



Figura 4 Blender

Blender es un software de código abierto y gratuito altamente reconocido en el ámbito de la creación de contenido 3D. Su popularidad se debe a su amplia gama de funcionalidades, que abarcan desde modelado 3D, texturización, animación, hasta la renderización y simulación. Con una comunidad activa de desarrolladores y artistas que constantemente mejoran la herramienta, Blender ha logrado posicionarse como una de las opciones más poderosas para la creación de gráficos y animaciones en 3D [23].

Una de las características más destacadas de Blender es su versatilidad. Permite a los usuarios trabajar en una variedad de áreas, desde la creación de modelos 3D complejos hasta la producción de efectos visuales y la edición de video. Este software es capaz de competir con otras soluciones comerciales, como Autodesk Maya y 3ds Max, gracias a su conjunto de herramientas robustas. Entre sus capacidades se incluyen la escultura digital, la creación de mallas y el modelado basado en polígonos, lo que facilita la creación de figuras detalladas y altamente complejas. Además, su motor de renderizado, Cycles, permite obtener imágenes fotorrealistas con iluminación global y efectos visuales avanzados [23].

### *b. Autodesk 3Ds Max*

Autodesk 3ds Max es una de las herramientas más destacadas en la industria del diseño 3D, ampliamente utilizada para modelado, animación y renderizado en campos como

la creación de videojuegos, efectos visuales, y visualización arquitectónica. Su interfaz intuitiva y sus potentes herramientas de modelado lo convierten en una opción preferida por diseñadores, arquitectos y artistas visuales [24].




Figura 5 Autodesk 3Ds Max

Entre sus principales características, destaca su capacidad para crear modelos 3D altamente detallados, utilizando un sistema de polígonos, curvas, y superficies NURBS. 3ds Max ofrece potentes herramientas de animación, permitiendo la creación de secuencias complejas con control preciso sobre la animación de personajes, objetos y cámaras. Además, su motor de renderizado Arnold, incorporado de serie, ofrece resultados de alta calidad, ideales para la creación de imágenes fotorrealistas con iluminación avanzada y sombras precisas [24].

Otro aspecto relevante de 3ds Max es su sistema de scripting en MAXScript, que permite a los usuarios automatizar tareas repetitivas y personalizar el software según sus necesidades específicas. También es compatible con una amplia variedad de plugins y extensiones, lo que amplía aún más sus funcionalidades.

### *c. Cinema 4D*




Figura 6 Cinema 4D

Cinema 4D es un software de modelado, animación y renderizado 3D desarrollado por Maxon, reconocido por su facilidad de uso y sus potentes herramientas de creación de

contenido digital. A lo largo de los años, se ha ganado una sólida reputación entre artistas gráficos, diseñadores de motion graphics, y profesionales de la visualización, especialmente en la industria de la animación y efectos visuales [25].

Una de las características más destacadas de Cinema 4D es su interfaz intuitiva, que permite a los usuarios aprender rápidamente a manejar el software, incluso si no tienen experiencia previa en 3D. La herramienta ofrece una amplia gama de funcionalidades, incluyendo modelado poligonal, escultura digital, texturización y simulación de dinámicas, lo que permite a los artistas crear proyectos complejos con relativa facilidad.

Cinema 4D se distingue por su potente motor de animación, que facilita la creación de animaciones de alta calidad. Su sistema de mograph es particularmente popular para la creación de gráficos en movimiento (motion graphics), permitiendo la manipulación de objetos y su animación de manera sencilla y fluida. También es capaz de realizar simulaciones físicas como fluidos, telas y partículas, lo que enriquece las producciones de efectos visuales [25].

En la Tabla 9 se presenta una comparativa entre tres de los software más utilizados en la creación de contenido 3D: Cinema 4D, Autodesk 3ds Max y Blender.

Tabla 9 Comparación de softwares de modelado 3D [23], [24], [25]

| Especificación | Cinema 4D | Autodesk 3ds Max | Blender |
|---|---|---|---|
| **Desarrollador** | Maxon | Autodesk | Blender Foundation |
| **Licencia** | Comercial (pago) | Comercial (pago) | Código abierto (gratis) |
| **Plataforma Compatible** | Windows, macOS | Windows, macOS | Windows, macOS, Linux |
| **Modelo de Precios** | Suscripción, Licencia Perpetua | Licencia Perpetua, Suscripción | Gratuito |
| **Motor de Renderizado** | Physical Renderer, Redshift (compatible) | Arnold Renderer | Cycles, Eevee |
| **Resolución Máxima de Renderizado** | 8K (dependiendo de la configuración del proyecto) | 8K (dependiendo de la configuración del proyecto) | 32K (dependiendo de la configuración del proyecto) |
| **Animación** | Sistema de animación de gráficos en movimiento | Animación de personajes, rigging, y simulación | Animación, rigging, y simulación |
| **Simulación** | Dinámicas, Fluidos, Partículas, Tejidos | Dinámicas, Fluidos, Tejidos, Partículas | Fluidos, Tejidos, Partículas, Física de cuerpos |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Herramientas de Modelado** | Poligonal, NURBS, Subdivisión, Escultura | Poligonal, NURBS, Escultura | Poligonal, NURBS, Escultura |
| **Compatibilidad con Plugins** | Alta (especialmente en motion graphics) | Alta (más enfocado a la industria del cine) | Alta (gran comunidad de desarrollo de plugins) |
| **Renderización en Tiempo Real** | No | No | Sí (motor Eevee) |
| **Animación de Personajes** | Sí, incluye rigging y pieles | Sí, incluye rigging y controladores | Sí, incluye rigging y controladores |
| **Requisitos de Hardware (Mínimos)** | Windows 10, 8 GB RAM, Tarjeta gráfica de 2GB | Windows 10, 8 GB RAM, GPU NVIDIA GTX 660+ | Windows 7, 8 GB RAM, GPU NVIDIA GTX 660+ |
| **Precio Aproximado** | $59.99/mes o $999 por licencia perpetua | $1,700 por licencia perpetua o $205/mes | Gratuito |

### 1.3.12 Instrumentos de medición de signos vitales

Los instrumentos de medición de signos vitales son herramientas fundamentales en la práctica clínica, utilizadas para obtener datos precisos y confiables sobre el estado de salud de un paciente. Estos dispositivos permiten a los profesionales de la salud evaluar parámetros esenciales como la temperatura corporal, la presión arterial, la saturación de oxígeno en la sangre y los ritmos cardíacos, proporcionando información clave para el diagnóstico y tratamiento adecuado. Entre los instrumentos más utilizados se encuentran el termómetro, el tensiómetro, el oxímetro y el estetoscopio, cada uno con una función específica en la evaluación de los signos vitales. A continuación, se detallará el funcionamiento y la importancia de estos dispositivos en el monitoreo de la salud, destacando cómo contribuyen al bienestar del paciente y al proceso de atención médica.

#### *a. Termómetro*

El termómetro digital es un dispositivo fundamental en la práctica clínica para la medición de la temperatura corporal, que es un signo vital esencial para el diagnóstico médico. Estos dispositivos han reemplazado en gran medida a los termómetros de mercurio debido a sus ventajas en términos de seguridad, rapidez y facilidad de uso. Un termómetro digital mide la temperatura mediante la detección de la resistencia térmica de un material que cambia según la temperatura. Este cambio se convierte en

una señal eléctrica, la cual es procesada y mostrada como un valor numérico en una pantalla LCD [26].

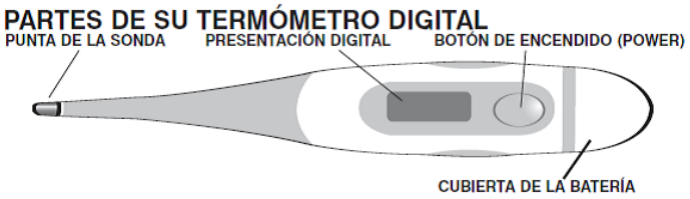



Figura 7 Partes de un termómetro

El termómetro digital está compuesto por varias partes como se aprecia en la Figura 7 Partes de un termómetro clave que permiten su funcionamiento eficiente y preciso:

- **Sensor de Temperatura (Termistor):** Es el componente principal que detecta las variaciones de temperatura en el cuerpo.
- **Microprocesador:** Recibe la señal del sensor de temperatura, la procesa y la convierte en un valor numérico que se muestra en la pantalla del dispositivo.
- **Pantalla LCD:** Es donde se visualiza la temperatura medida. La pantalla digital muestra la lectura de forma clara y fácil de leer.
- **Botón de Encendido/Apagado:** Al presionar este botón, el dispositivo se activa para comenzar la medición de la temperatura.
- **Batería:** Proporciona la energía necesaria para el funcionamiento del termómetro.
- **Punta del Sensor:** La parte que entra en contacto con el cuerpo, que puede estar diseñada para ser colocada en la boca, axila o recto, dependiendo del tipo de medición.

### *b. Estetoscopio*

El estetoscopio es un instrumento esencial en la práctica clínica, utilizado para auscultar los sonidos internos del cuerpo, como los latidos cardíacos, ruidos respiratorios y sonidos abdominales. Su diseño permite amplificar estos sonidos, facilitando su diagnóstico y se lo puede apreciar en la Figura 8 [27].



Figura 8 Estetoscopio

Cuando se coloca el diafragma o la campana sobre la piel del paciente, las vibraciones de los sonidos internos del cuerpo hacen que estas superficies vibren. Estas vibraciones se transmiten a través del tubo flexible hacia los binaurales y, finalmente, a las olivas, permitiendo que el profesional de la salud escuche los sonidos amplificados. La elección entre el diafragma y la campana depende de la frecuencia del sonido que se desea auscultar [27].

A continuación, se detallan sus principales componentes y su funcionamiento:

- **Olivas:** Son las piezas que se colocan en los oídos del profesional de la salud. Están diseñadas para ajustarse cómodamente y bloquear ruidos externos, permitiendo una mejor audición de los sonidos corporales.

- **Arcos metálicos o binaurales:** Conectan las olivas con el tubo flexible. Están diseñados para mantener las olivas en una posición adecuada para el oído y para transmitir los sonidos captados por el diafragma o la campana.

- **Tubo flexible (tubuladura):** Es un tubo de material flexible que conecta los binaurales con la pieza torácica. Su longitud y material están diseñados para transmitir los sonidos con mínima distorsión.

- **Diafragma:** Es una superficie plana y firme que se utiliza para auscultar sonidos de alta frecuencia, como los ruidos respiratorios y ciertos sonidos cardíacos.

- **Campana:** Es una cavidad en forma de cuenco que se utiliza para auscultar sonidos de baja frecuencia, como los murmullos cardíacos.

### *c. Tensiómetro / Esfigmomanómetro*

El tensiómetro, también conocido como esfigmomanómetro, es un instrumento médico fundamental para medir la presión arterial. Su funcionamiento se basa en la detección de la presión que la sangre ejerce sobre las paredes de las arterias, proporcionando datos esenciales para evaluar la salud cardiovascular de un paciente [28].




Figura 9 Tensiómetro

Un tensiómetro consta de varios componentes clave:

- **Brazalete (Manguito):** Es una funda inflable que se coloca alrededor del brazo del paciente. Al inflarse, comprime la arteria braquial, interrumpiendo temporalmente el flujo sanguíneo.

- **Manómetro:** Es el dispositivo que mide la presión dentro del brazalete. Puede ser de tipo aneroide (con dial) o digital (con pantalla LCD).

- **Pera de goma:** Es una bomba manual que permite inflar el brazalete. Al presionar la pera, se introduce aire en el brazalete; al soltarla, se libera aire.

- **Válvula de liberación de aire:** Controla la salida del aire del brazalete, permitiendo una desinflación controlada y gradual.

- **Estetoscopio (en modelos manuales):** Se utiliza para auscultar los sonidos de Korotkoff, que indican el inicio y el final del flujo sanguíneo al liberar el aire del brazalete.

### *d. Pulsioxímetro / Saturometro*

El oxímetro de pulso es un dispositivo médico no invasivo utilizado para medir la saturación de oxígeno en la sangre ($SpO_2$) y, en algunos modelos, la frecuencia cardíaca. Este instrumento es fundamental en la monitorización de pacientes con afecciones respiratorias, cardíacas o durante procedimientos quirúrgicos [29]




Figura 10 Pulsioxímetro

El oxímetro de pulso de la Figura 10, opera mediante el principio de absorción diferencial de luz. Los LEDs emiten luz roja e infrarroja que atraviesa el lecho capilar del paciente. La hemoglobina oxigenada y desoxigenada absorben estas longitudes de onda de manera diferente. El fotodetector mide la cantidad de luz no absorbida, y el microprocesador calcula la relación entre las absorciones para determinar la saturación de oxígeno en sangre ($SpO_2$) y, en algunos casos, la frecuencia cardíaca [29].

Los componentes principales de un oxímetro de pulso incluyen:

- **Sensor de luz (LEDs):** Emite luz en longitudes de onda específicas (generalmente roja a 660 nm y cercana al infrarrojo a 940 nm) que atraviesa el tejido del paciente.

- **Fotodetector:** Detecta la cantidad de luz que atraviesa el tejido y no es absorbida por la sangre.

- **Microprocesador:** Calcula la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca a partir de la información proporcionada por el fotodetector.

- **Pantalla:** Muestra los resultados de las mediciones, como $SpO_2$ y frecuencia cardíaca.

- **Carcasa:** Acomoda y protege los componentes internos del dispositivo.

## 1.4 Estado Actual de la Formación en Técnicas de Toma de Signos Vitales en Estudiantes de Enfermería

El presente estudio se propuso analizar de manera exhaustiva el estado actual de la formación en técnicas de toma de signos vitales dirigida a estudiantes de enfermería. Este análisis resultó fundamental para contextualizar la problemática existente y justificar la necesidad de una solución innovadora, como la plataforma de realidad virtual desarrollada en esta investigación.

Para lograr este objetivo, realizamos una investigación exploratoria y descriptiva que abarcó diversas fuentes y metodologías. En primer lugar, procedimos a una revisión bibliográfica minuciosa de la literatura especializada y de los programas de estudio de diversas instituciones académicas. Esta fase nos permitió comprender los enfoques pedagógicos predominantes y identificar las metodologías de enseñanza-aprendizaje tradicionalmente empleadas para la adquisición de competencias en la toma de signos vitales. Observamos una marcada tendencia hacia la instrucción teórica y demostraciones prácticas en entornos controlados, a menudo carentes de la inmersión y el realismo necesarios para preparar al estudiante frente a escenarios clínicos dinámicos y complejos.

Posteriormente, diseñamos e implementamos un levantamiento de información cualitativa y cuantitativa. Aplicamos encuestas estructuradas a un grupo representativo de estudiantes de enfermería, con el fin de recopilar sus percepciones directas sobre la efectividad de los métodos de enseñanza actuales. Las preguntas se centraron en la frecuencia y calidad de las oportunidades de práctica, la seguridad percibida en los entornos de aprendizaje, y la prontitud y claridad de la retroalimentación recibida. Paralelamente, realizamos entrevistas semiestructuradas a docentes de enfermería, lo que nos permitió profundizar en sus desafíos pedagógicos, las limitaciones de recursos y sus puntos de vista sobre cómo mejorar la adquisición de habilidades prácticas y el desarrollo de competencias blandas, como la toma de decisiones bajo presión y la comunicación efectiva con el paciente.

Los hallazgos revelaron consistentemente una serie de deficiencias significativas en la formación actual. Se evidenció una brecha considerable entre el conocimiento teórico adquirido y la capacidad real de los estudiantes para aplicar las técnicas de toma de signos vitales en situaciones clínicas diversas y bajo la presión de escenarios reales. La falta de acceso ilimitado a entornos de práctica seguros y supervisados fue una constante preocupación, limitando la repetición necesaria para consolidar las habilidades. Asimismo, la retroalimentación a menudo diferida o insuficiente comprometía la corrección inmediata de errores y el afianzamiento de buenas prácticas. Estos factores contribuyen a una autopercepción de inseguridad y una menor confianza por parte de los estudiantes al momento de enfrentar situaciones reales con pacientes.

## .6. Normativas y Estándares Aplicados en el Desarrollo de la Plataforma de Realidad Virtual

Concebir y materializar una plataforma de realidad virtual para el entrenamiento de estudiantes de enfermería en la toma de signos vitales implica trascender la mera innovación tecnológica. Resulta imperativo que una herramienta educativa de tal envergadura fundamentarse en un marco robusto de normativas y estándares, con el fin de asegurar su excelencia en calidad, su pertinencia pedagógica, su solidez ética, su seguridad operativa y su accesibilidad. El objetivo reside en construir una solución no solo vanguardista, sino también confiable, justa y verdaderamente útil para la formación de futuros profesionales de la salud.

Para alcanzar este cometido, resultar esencial dedicar un esfuerzo considerable a estudiar y comprender diversas normativas internacionales y principios de buenas prácticas, buscando integrarlos meticulosamente en cada fase del desarrollo de la tesis. Esta aproximación holística garantiza que el simulador constituya una herramienta robusta y completa, alineada con las exigencias del ámbito académico, tecnológico y sanitario.

### .6.1. Normas de Calidad de Software y Desarrollo de Realidad Virtual

Asegurar la calidad intrínseca del software resulta fundamental para la eficacia y la aceptación de cualquier herramienta digital, especialmente en un entorno crítico como la simulación médica. Para ello, tomar como referencia principal la norma ISO/IEC 25010 (Systems and Software Quality Requirements and Evaluation - Quality Model). Esta norma proporciona un modelo detallado de calidad de sistemas y software, sirviendo como guía para el análisis de las características y subcaracterísticas esenciales.

### .6.2. Aplicación de ISO/IEC 25010

#### *a. Idoneidad Funcional (Functional Suitability)*

Garantizar que la plataforma provea todas las funcionalidades explícitas e implícitas necesarias para un entrenamiento completo en la toma de signos vitales. Esto implica no solo la medición precisa de parámetros como el pulso, la presión arterial (sistólica y diastólica), la temperatura (oral, axilar, rectal), la frecuencia respiratoria y la saturación de oxígeno, sino también la simulación de diversos escenarios clínicos, la interacción con equipos virtuales (esfigmomanómetros, termómetros, oxímetros), y la generación de informes de desempeño detallados. Proceder a mapear los requisitos funcionales directamente con los objetivos de aprendizaje clínicos establecidos para los estudiantes de enfermería, asegurando la cobertura completa de habilidades.

#### *b. Eficiencia de Rendimiento (Performance Efficiency)*

Lograr que el simulador opere de manera fluida y sin interrupciones, aspecto crítico para la inmersión en realidad virtual y para evitar la fatiga del usuario. Esto demanda optimizar al máximo los recursos. Implementar la carga asíncrona de activos, el uso

de *level of detail* (LOD) para modelos 3D y el manejo eficiente de texturas y materiales para reducir la carga de la GPU. La optimización de los scripts en Unity y el empleo de *object pooling* para elementos recurrentes contribuye a mantener una alta tasa de fotogramas por segundo (FPS) constante (idealmente por encima de 90 FPS) y una latencia (Motion-to-Photon) mínima. Realizar un perfilado continuo del rendimiento durante el desarrollo para identificar y resolver cualquier cuello de botella en tiempo real.

### *c. Usabilidad (Usability)*

Diseñar una experiencia de usuario que sea intuitiva, eficiente y satisfactoria. Esto incluye facilitar la navegación espacial dentro de los entornos virtuales, hacer claros los puntos de interacción con los instrumentos, y asegurar que la curva de aprendizaje para manejar el simulador sea mínima. Buscar simular de forma realista la manipulación de instrumentos médicos para transferir el aprendizaje al mundo real.

### *d. Fiabilidad (Reliability)*

Garantizar que el sistema funcione de manera consistente y sin fallos inesperados. Esto implica realizar pruebas de regresión extensas tras cada nueva implementación, manejar adecuadamente las excepciones y los errores para evitar cierres inesperados de la aplicación, y asegurar la integridad de los datos de desempeño del estudiante, previniendo su corrupción o pérdida. La robustez del simulador frente a diversas condiciones de uso resulta una prioridad.

### *e. Seguridad (Security)*

Aunque el enfoque principal no es la seguridad de datos críticos de pacientes, considerar la seguridad en el acceso a la aplicación y en la integridad de los datos de desempeño de los estudiantes. Proteger la plataforma contra accesos no autorizados y asegurar que la información sea utilizada únicamente con fines educativos y de investigación.

### *f. Mantenibilidad (Maintainability)*

Desarrollar el código de manera modular, con arquitecturas bien definidas y siguiendo patrones de diseño reconocidos. Procurar escribir código claro, comentado y fácil de entender, facilitando futuras actualizaciones, correcciones de errores o adiciones de nuevas funcionalidades por parte de otros desarrolladores. Estructurar el proyecto en Unity de forma organizada para optimizar este aspecto.

### *g. Portabilidad (Portability)*

Considerar la capacidad del simulador para ser ejecutado en diferentes configuraciones de hardware de realidad virtual compatibles con la plataforma Unity y los requisitos mínimos especificados (ej., Oculus Rift S, Meta Quest 2/3 con Link), para maximizar su alcance y facilitar su despliegue en diversas instituciones.

## .6.3. Mejores Prácticas en Desarrollo de Realidad Virtual Específicas:

### *a. Ergonomía de la Interacción*

Diseñar interacciones que resulten naturales y reduzcan la fatiga del usuario. Esto incluye optar por métodos de locomoción que minimicen el mareo (ej., teletransporte en lugar de movimiento libre constante), proporcionar opciones de *snap turning* o giro suave según la preferencia del usuario, y asegurar que los objetos interactivos estén a una distancia y altura adecuadas para evitar estiramientos o movimientos forzados.

### *b. Feedback Multisensorial y Háptico*

Incorporar una rica retroalimentación visual, auditiva y háptica para mejorar la inmersión y la percepción del usuario sobre sus acciones. Por ejemplo, proporcionar una vibración sutil en el controlador al palpar el pulso correctamente, un sonido audible al inflar el manguito del esfigmomanómetro o una indicación visual clara al colocar el termómetro en el lugar adecuado.

### *c. Optimización de Contenido para RV*

Implementar técnicas avanzadas de optimización específicas para RV, como el uso de *Single Pass Instanced Rendering* para mejorar la eficiencia de renderizado para cada

ojo, el manejo cuidadoso de la cantidad de polígonos y las llamadas a dibujo (*draw calls*), y la gestión eficiente de la memoria de texturas para mantener un rendimiento constante y evitar caídas de FPS, que resultan muy perjudiciales en RV.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo general

Desarrollar una plataforma para el entrenamiento de estudiantes de enfermería en la técnica de toma de signos vitales aplicando realidad virtual.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Evaluar el estado actual de la formación en técnicas de toma de signos vitales en estudiantes de enfermería.
- Desarrollo de objetos e instrumentos en 3D para su implementación en la plataforma de simulación clínica con realidad virtual.
- Diseñar una plataforma con escenarios clínicos interactivos que simulen situaciones reales en la toma de signos vitales.

# CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

## 2.1 Materiales

A continuación, se detallarán los materiales y recursos que serán utilizados para el desarrollo de este proyecto. Cada uno de estos materiales ha sido seleccionado cuidadosamente en función de su relevancia, calidad y capacidad para cumplir con los requisitos técnicos necesarios para llevar a cabo las actividades de investigación, desarrollo y pruebas. A través de estos recursos, se buscará garantizar la efectividad y precisión del sistema propuesto, asegurando que se logren los objetivos planteados en el trabajo.

| Equipo/Programa | Descripción | Imagen |
|---|---|---|
| **HTC Vive Pro 2** | Permite la interacción inmersiva en la simulación de realidad virtual. |  |
| **Computadora de alto rendimiento** | Ejecuta las aplicaciones y simulaciones VR sin interrupciones. |  |
| **Blender** | Crea modelos 3D y entornos para la simulación VR. |  |
| **Unity** | Desarrolla la simulación VR y maneja la interacción en tiempo real. |  |
| **Visual Studio** | Escribe y depura el código para las interacciones dentro de Unity. |  |

| | | |
|---|---|---|
| **SteamVR** | Integra el HTC Vive con Unity para la experiencia de VR. |  |

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Modalidad de la investigación

Para el desarrollo de este proyecto se ejecutaron las siguientes modalidades:

Se aplicó una investigación aplicada, ya que se enfoca en el uso de conocimientos teóricos y tecnologías innovadoras como es el uso de herramientas avanzadas de realidad virtual, como Unity y las gafas de realidad virtual, para desarrollar una plataforma educativa que mejore la formación de los estudiantes de enfermería en la técnica de toma de signos vitales

También se usó una investigación bibliográfica ya que a través de esta modalidad, se recopila y analiza información de libros, artículos científicos, tesis y otras fuentes académicas recientes que respaldan la fundamentación teórica del proyecto proporcionando una base sólida de conocimientos teóricos sobre los temas relevantes, como el uso de realidad virtual en educación.

Por último, esta investigación fue experimental debido a que esta modalidad permite evaluar el impacto del uso de la simulación clínica inmersiva en el aprendizaje de habilidades prácticas, comparando los resultados de un grupo de estudiantes que utiliza la plataforma con un grupo de control que recibe métodos de enseñanza tradicionales.

### 2.2.2 Población y muestra

La población de este proyecto está conformada por estudiantes de enfermería de la Universidad Técnica de Ambato que están en proceso de formación, específicamente en los semestres o ciclos en los que se enseña y se evalúa la técnica de toma de signos vitales.

Para seleccionar la muestra, se utilizará un muestreo estratificado que divide la población en estratos y selecciona una muestra representativa de cada uno. Para este proyecto, los estratos de la Tabla 10 son los niveles académicos:

Tabla 10 Numero de estudiantes por estrato

| **Estrato** | **Cantidad de estudiantes** |
|---|---|
| Estudiantes de primer año | 120 |
| Estudiantes de segundo año | 100 |
| Estudiantes de tercer año | 80 |
| **Tamaño total de la muestra** | 300 |

Utilizaremos la fórmula para calcular el tamaño de la muestra en un muestreo aleatorio simple, como se observa en la Tabla 11:

Tabla 11 Calculo del tamaño de muestreo

| | |
|---|---|
| $n = \frac{Z^2 * p * (1-p)}{E^2}$ | Donde:<br>• $Z = 1.96$ nivel de confianza del 95%<br>• $p = 0.5$ proporción esperada, si no se conoce<br>• $E = 0.05$ margen de error del 5% |
| $n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * (1-0.5)}{(0.05)^2}$<br>$n = \frac{3.8416 * 0.25}{0.0025}$<br>$n = \frac{0.9604}{0.0025} = 384.16$ | |

El tamaño inicial de muestra calculado es 384.

Dado que la población total es de solo 300 estudiantes, debemos ajustar el tamaño de muestra usando la fórmula de corrección para poblaciones finitas, realizamos el cálculo en la Tabla 12:

Tabla 12 Calculo de corrección para poblaciones finitas

| | |
|---|---|
| $n' = \frac{n}{1 + \left(\frac{n-1}{N}\right)}$ | Donde:<br>• $n'$ es el tamaño de muestra ajustado<br>• $N$ es el tamaño total de la población (300 estudiantes) |
| $n' = \frac{384}{1 + \left(\frac{384-1}{300}\right)} = \frac{384}{2.28} = 168.42 \approx 169$ | |

Redondeando, el tamaño de muestra ajustado es 169 estudiantes.

Ahora, en la Tabla 13, distribuimos la muestra ajustada entre los estratos según el tamaño relativo de cada uno:

Tabla 13 Calculo de muestreo estratificado

| | |
|---|---|
| $n_h = \frac{N_h}{N} * n'$ | Donde:<br>• $n_h$ es el tamaño de muestra para el estrato $h$<br>• $N_h$ es el tamaño del estrato<br>• $N$ es el tamaño total de la población<br>• $n'$ es el tamaño de muestra ajustado (169 estudiantes) |
| **Cálculo para Cada Estrato:** | |
| Primer año | $n_h = \frac{120}{300} * 169 = 67.6 \approx 68$ |
| Segundo año | $n_h = \frac{100}{300} * 169 = 56.3 \approx 56$ |
| Tercer año | $n_h = \frac{80}{300} * 169 = 45.1 \approx 45$ |
| **Resultado Final del Muestreo Estratificado:** | |
| Estudiantes de primer año | 68 |
| Estudiantes de segundo año | 56 |
| Estudiantes de tercer año | 45 |
| Total | 169 |

### 2.2.3 Recolección de información

La información para el desarrollo de este proyecto de investigación se utilizarán fuentes bibliográficas como libros especializados en tecnologías educativas, artículos

científicos sobre el uso de realidad virtual en formación médica, así como datos primarios obtenidos directamente de la implementación y pruebas de la plataforma desarrollada. Estos criterios se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14 Criterios de recolección de información

| Criterio | Descripción |
|---|---|
| ¿Para qué? | Facilitar el aprendizaje práctico y mejorar la adquisición de habilidades clínicas. |
| ¿De qué personas u objetos? | De los estudiantes de enfermería de diferentes niveles académicos. |
| ¿Cómo? | Mediante el diseño y desarrollo de una plataforma de realidad virtual que simule entornos clínicos controlados. |
| ¿Con qué? | Utilizando tecnologías avanzadas, como un motor de desarrollo 3D para crear escenarios clínicos interactivos y las gafas de realidad virtual para proporcionar una experiencia inmersiva de alta calidad. |
| ¿Cuándo? | Durante el periodo Marzo 2025 – Agosto 2025 |
| ¿Dónde? | En los laboratorios de simulación clínica de la Universidad técnica de Ambato. |

### 2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El desarrollo de la información de esta investigación se llevará a cabo de la siguiente manera:

- Recolección de información necesaria para la evaluación de la efectividad de la plataforma de realidad virtual en la formación de estudiantes de enfermería.
- Identificar las variables clave, como precisión en la toma de signos vitales, tiempo de respuesta, y nivel de satisfacción de los estudiantes.
- Introducir a los estudiantes en el uso de la plataforma y llevar a cabo las sesiones prácticas en los escenarios clínicos diseñados.
- Comprobación de las gafas HTC Vive Pro 2 en un entorno de simulación.

# CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.1 Diagrama de Casos de Uso del Simulador de Realidad Virtual de Signos Vitales

Para visualizar y comprender las interacciones funcionales de la plataforma de realidad virtual desarrollada, se procedió a la elaboración de un Diagrama de Casos de Uso. Esta representación gráfica, propuesta por el Lenguaje Unificado de Modelado (UML), permite describir la funcionalidad del sistema desde la perspectiva del usuario, identificando los actores que interactúan con el sistema y las tareas que pueden realizar.

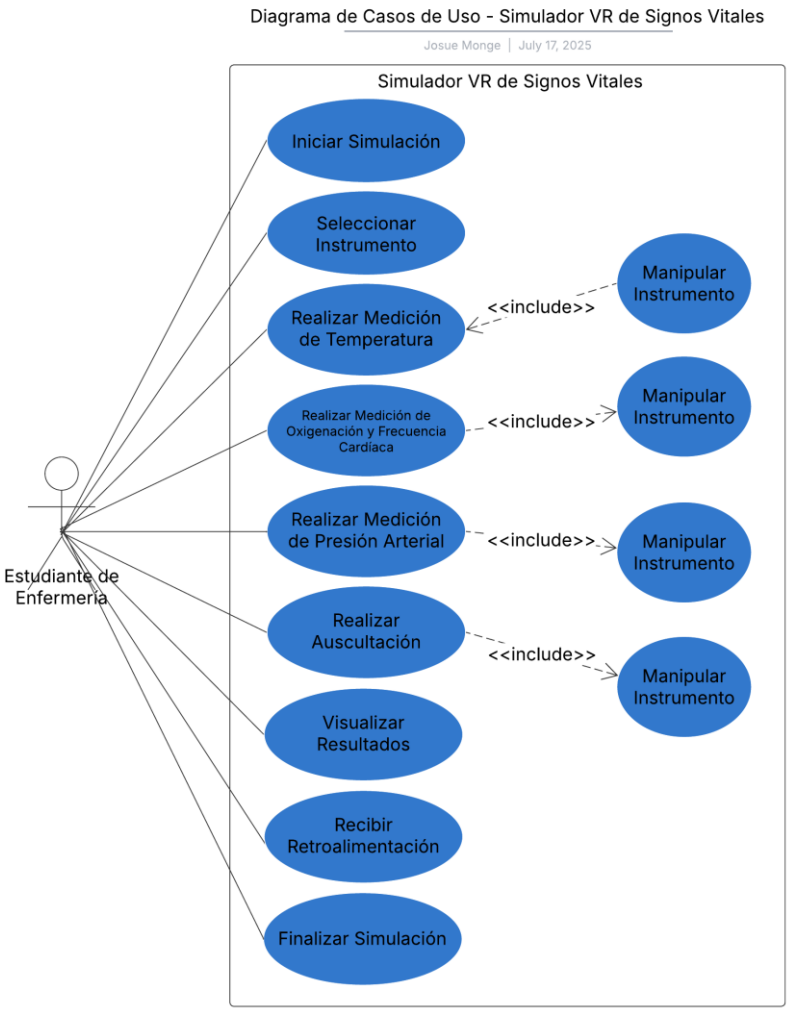



Figura 11 Diagrama de Casos

### *a. Descripción del Diagrama de Casos de Uso*

El diagrama de casos de uso para el Simulador VR de Signos Vitales (ver Figura X. Diagrama de Casos de Uso - Simulador VR de Signos Vitales) ilustra la relación entre el actor principal y las funcionalidades clave de la aplicación.

Casos de Uso Principales:

- Actor Principal: Estudiante de Enfermería. Este representa al usuario final del simulador. Es la entidad externa que interactúa directamente con el sistema para lograr sus objetivos de aprendizaje y práctica.
- Iniciar Simulación: Corresponde al punto de entrada del estudiante al entorno virtual. Permite cargar la escena de entrenamiento y preparar el escenario para la interacción.
- Seleccionar Instrumento: Refleja la acción del estudiante de elegir y tomar virtualmente los instrumentos necesarios para la toma de signos vitales (ej., esfigmomanómetro, estetoscopio, termómetro, oxímetro de pulso).
- Realizar Medición de Temperatura: Representa la secuencia de acciones para evaluar la temperatura del "paciente" virtual, utilizando el termómetro.
- Realizar Medición de Oxigenación y Frecuencia Cardiaca: Implica la ejecución de los pasos para determinar los niveles de saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca, empleando el oxímetro de pulso virtual.
- Realizar Medición de Presión Arterial: Describe el proceso completo para medir la presión arterial, involucrando el uso del esfigmomanómetro y el estetoscopio para la detección de los ruidos de Korotkoff.
- Realizar Auscultación: Focaliza en la utilización del estetoscopio para escuchar los sonidos cardíacos y pulmonares del "paciente" simulado.
- Visualizar Resultados: Corresponde a la presentación de los valores de los signos vitales medidos por el estudiante dentro del entorno virtual o en una interfaz de usuario integrada.

- Recibir Retroalimentación: Implica la obtención de información sobre la precisión de la técnica empleada y los resultados obtenidos, sirviendo como elemento clave para el autoaprendizaje y la corrección de errores.

- Finalizar Simulación: Representa la culminación de la sesión de entrenamiento del estudiante.

## 3.2 Diagrama de Clases de Uso del Simulador de Realidad Virtual de Signos Vitales

Este diagrama de clases ilustra la estructura fundamental y las interacciones entre los componentes principales de tu simulador de realidad virtual para la toma de signos vitales. Cada clase representa un concepto clave en el sistema, con sus atributos (datos que almacena) y métodos (acciones que puede realizar).

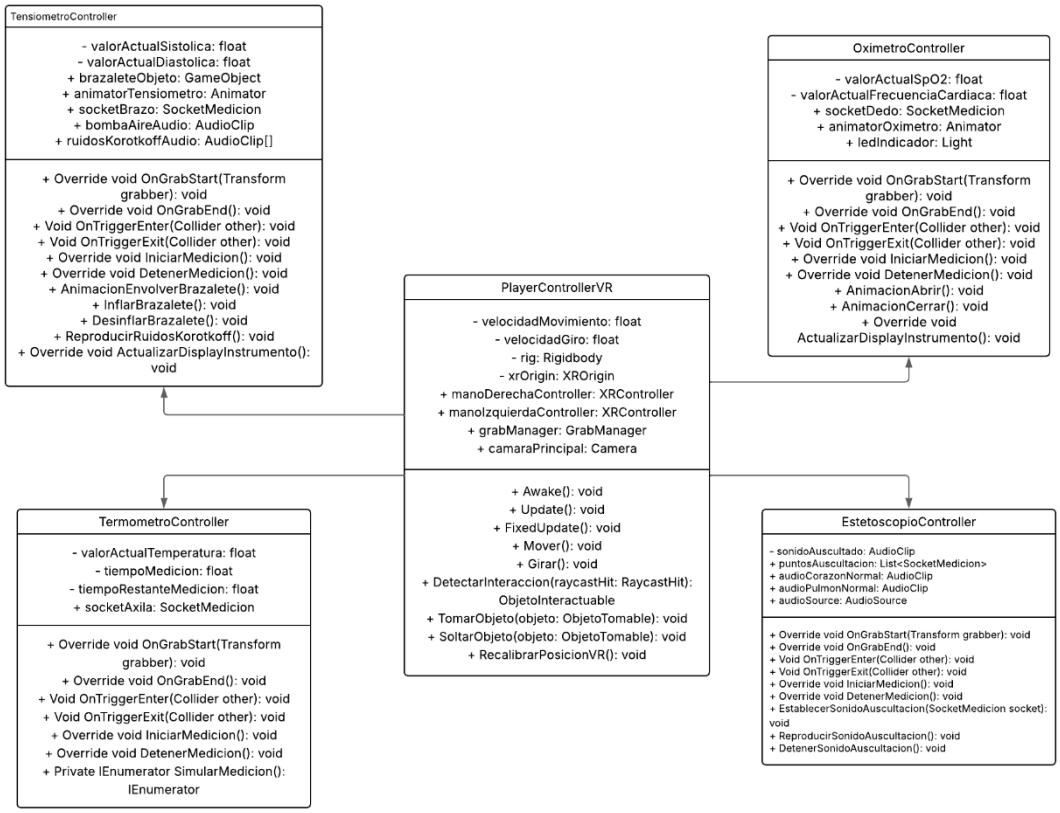



Figura 12 Diagrama de Clases

Vamos a desglosar las clases y sus relaciones:

### *a. SimuladorVR*

Esta es la clase central que representa el simulador en su conjunto. Es el punto de entrada y coordina las funcionalidades generales de la aplicación.

**Atributos:**

- escenarioVirtual: Escenario: Representa el entorno virtual donde el estudiante interactúa.
- pacienteVirtual: Paciente: La representación del paciente en el simulador.
- instrumentos: List<Instrumento>: Una colección de todos los instrumentos médicos disponibles en el simulador.
- sesionActual: SesionEntrenamiento: La sesión de entrenamiento que el estudiante está llevando a cabo.

**Métodos:**

- iniciarSimulacion(): Comienza la experiencia de simulación.
- detenerSimulacion(): Finaliza la simulación.
- cargarEscenario(escenario: Escenario): Carga un escenario específico en el simulador.
- generarPaciente(datos: DatosPaciente): Crea o configura un paciente virtual con características dadas.

### b. Escenario

Define el entorno virtual en el que se desarrolla la simulación (por ejemplo, una habitación de hospital, una clínica).

**Atributos:**

- nombre: String: El nombre del escenario (ej. "Sala de Hospital", "Consultorio").
- objetosInteractivos: List<ObjetoInteractivo>: Elementos del escenario con los que el estudiante puede interactuar (camas, mesas, etc.).
- ambiente: String: Descripción general del ambiente (iluminación, sonidos, etc.).

**Métodos:**

- cargarObjetos(): Carga los modelos 3D y las propiedades de los objetos interactivos.
- configurarIluminacion(): Ajusta la iluminación del escenario.
- configurarSonido(): Configura los sonidos ambientales del escenario.

**c. Paciente**

Representa al paciente virtual con el que el estudiante interactuará. Este paciente tendrá los signos vitales que el estudiante deberá medir.

**Atributos:**

- nombre: String: Nombre del paciente virtual.
- edad: int: Edad del paciente.
- condicion: String: La condición médica del paciente (ej. "estable", "fiebre", "hipertenso").
- signosVitalesActuales: SignosVitales: La información de los signos vitales del paciente en un momento dado.

**Métodos:**

- generarSignosVitales(condicion: String): Genera los signos vitales del paciente según su condición.

- actualizarCondicion(nuevaCondicion: String): Cambia la condición del paciente durante la simulación, lo que podría alterar sus signos vitales.
- reaccionarAInteraccion(interaccion: String): El paciente podría tener reacciones simples a ciertas interacciones (ej. "quejarse" si se le hace un procedimiento incorrecto).

**d. SignosVitales**

Una clase que encapsula todos los valores de los signos vitales.

**Atributos:**

- temperatura: float: Temperatura corporal.
- pulso: int: Frecuencia cardíaca.
- presionArterialSistolica: int: Presión arterial sistólica.
- presionArterialDiastolica: int: Presión arterial diastólica.
- frecuenciaRespiratoria: int: Frecuencia respiratoria.
- saturacionOxigeno: float: Saturación de oxígeno.

**Métodos:**

- obtenerTodosLosSignos(): Devuelve un conjunto de todos los signos vitales.
- actualizarSigno(tipo: String, valor: float): Permite actualizar un signo vital específico.

**e. Instrumento**

Una clase abstracta que sirve como base para todos los instrumentos médicos en el simulador.

**Atributos:**

- nombre: String: Nombre del instrumento (ej. "Tensiómetro", "Termómetro").

- modelo3D: String: Ruta o identificador del modelo 3D del instrumento.
- estaEnUso: boolean: Indica si el instrumento está siendo utilizado por el estudiante.

**Métodos:**

- recoger(): Permite al estudiante "tomar" el instrumento.
- soltar(): Permite al estudiante "dejar" el instrumento.
- interactuar(): Método abstracto que será implementado por cada tipo de instrumento para su funcionalidad específica.

**f. Tensiómetro, Termómetro, Fonendoscopio, Oxímetro**

Clases concretas que heredan de Instrumento. Cada una implementa la lógica específica de cómo se utiliza y qué mediciones toma.

**Atributos (adicionales específicos):**

- Tensiómetro: brazaleteInflado: boolean, presionActual: int
- Termómetro: unidadMedida: String (C, F)
- Fonendoscopio: volumenAudio: float
- Oxímetro: dedoInsertado: boolean

**Métodos (implementación de interactuar()):**

- Tensiómetro.interactuar(): Simula la toma de presión arterial.
- Termómetro.interactuar(): Simula la toma de temperatura.
- Fonendoscopio.interactuar(): Simula la auscultación del pulso/latido.
- Oxímetro.interactuar(): Simula la medición de la saturación de oxígeno.

### g. SesionEntrenamiento

Registra el progreso y los resultados de una sesión de entrenamiento específica del estudiante.

**Atributos:**

- idSesion: String: Identificador único de la sesión.
- fechaHoraInicio: DateTime: Momento en que inició la sesión.
- fechaHoraFin: DateTime: Momento en que finalizó la sesión.
- estudiante: String: Nombre o ID del estudiante.
- resultados: Map<String, ResultadoMedicion>: Un mapa que asocia cada medición con su resultado.

**Métodos:**

- registrarInicio(): Marca el inicio de la sesión.
- registrarFin(): Marca el fin de la sesión y calcula el rendimiento.
- agregarResultado(medicion: String, resultado: ResultadoMedicion): Añade el resultado de una medición al registro de la sesión.
- generarReporte(): Crea un informe del desempeño del estudiante.

### h. Resultado Medicion

Contiene los detalles de una medición específica realizada por el estudiante.

**Atributos:**

- tipoSigno: String: Tipo de signo vital medido (ej. "Temperatura", "Pulso").
- valorMedido: float: El valor que el estudiante obtuvo.
- valorCorrecto: float: El valor real o esperado del signo vital del paciente.

- esCorrecto: boolean: Indica si la medición fue precisa.
- tiempoEmpleado: float: Tiempo que le tomó al estudiante realizar la medición.
- pasosRealizados: List<String>: Una lista de los pasos que el estudiante siguió.

**Métodos:**

- evaluarPrecision(): Compara el valor medido con el valor correcto.
- obtenerFeedback(): Genera un mensaje de retroalimentación para el estudiante.

### i. Interaccion Usuario

Maneja las entradas del usuario (movimientos del controlador, clics, etc.) dentro del entorno de realidad virtual.

**Atributos:**

- controladorVR: String: Identificador del controlador de VR.
- estadoBoton: Map<String, Boolean>: Estado de los botones del controlador.

**Métodos:**

- detectarMovimiento(): Detecta movimientos del controlador.
- detectarClic(): Detecta clics en los botones.
- manejarAgarre(): Gestiona cuando el usuario "agarra" un objeto.

### j. Retroalimentacion

Proporciona feedback al estudiante sobre su desempeño.

**Atributos:**

- mensaje: String: El texto del mensaje de retroalimentación.
- tipo: String: Tipo de retroalimentación (ej. "Correcto", "Error", "Sugerencia").

- elementoAfectado: String: El elemento o paso al que se refiere la retroalimentación.

**Métodos:**

- mostrarMensaje(): Muestra el mensaje en la interfaz del usuario.
- reproducirAudio(): Reproduce un sonido de retroalimentación.
- resaltarElemento(elemento: ObjetoInteractivo): Resalta un objeto o área en el escenario virtual.

### 3.3 Funcionamiento del sistema

El flujo de operación del simulador se puede comprender a través de las interacciones entre los diferentes bloques del sistema:

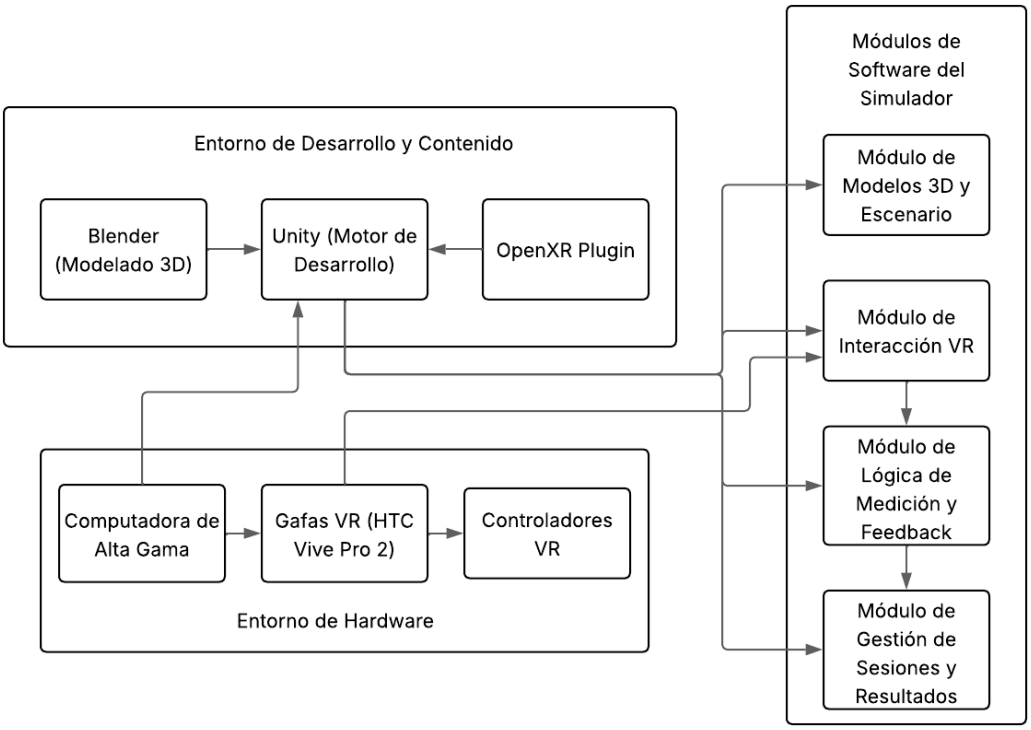



Figura 13 Diagrama de bloques del sistema

### *a. Preparación y Contenido*

Antes de la ejecución del simulador, el proceso de creación de contenido es fundamental. Los modelos 3D detallados de los instrumentos clínicos, el paciente y el escenario completo son desarrollados en Blender (Modelado 3D). Una vez finalizados, estos activos son exportados e importados al Unity (Motor de Desarrollo), convirtiéndose en el Módulo de Modelos 3D y Escenario dentro del entorno del simulador. Paralelamente, el OpenXR Plugin se integra en Unity para asegurar la compatibilidad y optimización con las Gafas VR (HTC Vive Pro 2) y sus Controladores VR, permitiendo que Unity interprete y gestione adecuadamente las entradas y salidas de la realidad virtual.

### *b. Inicio de la Simulación y Experiencia del Usuario*

Una vez que el simulador es ejecutado desde la Computadora de Alta Gama, el Estudiante de Enfermería se coloca las Gafas VR (HTC Vive Pro 2) y empuña los Controladores VR. Las señales visuales y auditivas del entorno virtual son transmitidas desde la Computadora a las Gafas VR, creando la inmersión.

### *c. Interacción y Lógica del Simulador*

El corazón interactivo del simulador reside en los módulos de software dentro de Unity:

- Las acciones físicas del estudiante con los Controladores VR (movimiento, agarre, pulsación de botones) son capturadas por el sistema VR y procesadas por Unity. Estas entradas son interpretadas por el Módulo de Interacción VR. Este módulo es el encargado de gestionar la detección de colisiones (colliders), la capacidad de agarrar y manipular objetos (interactors) y la correcta colocación de los instrumentos en puntos específicos del paciente (sockets). Por ejemplo, cuando el estudiante simula colocar un termómetro en la axila del paciente, el Módulo de Interacción VR detecta la precisión de esta acción.
- Una vez que el Módulo de Interacción VR valida la interacción, desencadena la operación del Módulo de Lógica de Medición y Feedback. Este módulo es el cerebro detrás de la simulación de los signos vitales. Si el termómetro se ha

colocado correctamente, este módulo "ancla" virtualmente el instrumento y procede a simular la toma de temperatura, mostrando el valor en un Canvas digital flotante en el entorno virtual. De manera similar, para la auscultación, este módulo reproduce los sonidos cardíacos o pulmonares pregrabados (Korotkoff, soplos, etc.) y actualiza la información visual, como la frecuencia cardíaca.

- Los datos generados por el Módulo de Lógica de Medición y Feedback (ej., valor medido, tiempo, precisión) son inmediatamente transmitidos al Módulo de Gestión de Sesiones y Resultados. Este módulo es crucial para el seguimiento del progreso del estudiante. Registra cada medición realizada, su exactitud, los pasos seguidos y el tiempo empleado. Al finalizar la práctica, este módulo consolida los resultados para una evaluación posterior, permitiendo al instructor o al propio estudiante revisar su desempeño y las áreas de mejora.

## 3.4 Impacto e Innovación en el Aprendizaje Moderno de Enfermería Mediante la Aplicación del Simulador de Realidad Virtual

La implementación del simulador de realidad virtual para el entrenamiento en la toma de signos vitales ha demostrado un impacto significativamente positivo, consolidándose como una herramienta innovadora que transforma los métodos pedagógicos tradicionales en la formación de enfermeros. Los resultados obtenidos a través del proceso de validación con estudiantes de enfermería no solo corroboran la efectividad y pertinencia de esta tecnología, sino que también reafirman su potencial para revolucionar el aprendizaje moderno en el ámbito de la salud.

### 3.4.1 Transformación Pedagógica y Superación de Limitaciones Tradicionales

Tradicionalmente, la formación en técnicas clínicas se ha basado en la instrucción teórica y demostraciones prácticas a menudo carentes de la inmersión y el realismo necesarios para preparar a los estudiantes frente a escenarios clínicos dinámicos y complejos. El simulador de realidad virtual emerge como una solución que supera estas limitaciones, ofreciendo un entorno seguro y controlado donde los estudiantes

pueden practicar repetidamente sin riesgo para pacientes reales. Esta capacidad de experimentar situaciones que de otro modo serían difíciles de recrear, como emergencias médicas o condiciones raras, incrementa sustancialmente la exposición de los estudiantes a una variedad de casos clínicos.

### *a. Limitaciones de las Metodologías Tradicionales:*

Históricamente, la enseñanza de procedimientos como la toma de signos vitales en enfermería se ha basado en un modelo que, si bien efectivo en ciertos aspectos, presenta deficiencias notables:

- ***Falta de Realismo y Estandarización:*** La práctica se realizaba a menudo en maniquíes estáticos o entre compañeros, lo que limitaba la capacidad de recrear escenarios clínicos dinámicos, complejos o las reacciones impredecibles de un paciente real. Esto dificultaba la estandarización de la enseñanza, ya que la calidad de la experiencia podía variar significativamente entre instructores y entornos de práctica.

- ***Riesgo y Seguridad del Paciente:*** La práctica directa en pacientes reales, especialmente para estudiantes principiantes, conlleva riesgos inherentes. Las limitaciones éticas y de seguridad restringen la frecuencia y la autonomía con la que los estudiantes pueden practicar, especialmente en situaciones críticas o con pacientes vulnerables.

- ***Acceso Limitado a Casos Diversos:*** Los estudiantes dependen de la casuística disponible en el entorno clínico real durante sus rotaciones, lo que puede no exponerlos a una amplia variedad de condiciones patológicas, edades o complejidades en la toma de signos vitales. Esto restringe su capacidad para desarrollar un juicio clínico robusto en diversas circunstancias.

- ***Eficiencia y Tiempo de Práctica***: La disponibilidad de equipos, espacios y supervisores clínicos limita el tiempo de práctica individual y repetida que cada estudiante puede tener. La repetición es crucial para la maestría de una técnica, y las metodologías tradicionales a menudo no permiten una práctica ilimitada y autónoma.

- ***Subjetividad de la Retroalimentación:*** La retroalimentación en entornos tradicionales a menudo depende de la observación humana, que puede ser subjetiva y

no siempre inmediata o detallada en cuanto a parámetros objetivos (ej., precisión del posicionamiento del instrumento o tiempo de la maniobra).

### 3.4.2 La Transformación Pedagógica a través de la Realidad Virtual:

El simulador de realidad virtual aborda y supera estas limitaciones, introduciendo un paradigma de aprendizaje que es más eficaz, seguro y adaptable:

***a. Entorno Seguro y Práctica Ilimitada sin Riesgos***

El simulador crea un ambiente virtual completamente seguro donde el Estudiante de Enfermería puede practicar la técnica de toma de signos vitales las veces que sea necesario, cometer errores y aprender de ellos sin ninguna consecuencia adversa para un paciente real. Esta libertad para equivocarse fomenta la experimentación y la resiliencia en el aprendizaje.

***b. Realismo e Inmersión Aumentados***

Al utilizar Gafas VR (HTC Vive Pro 2) y Controladores VR, el estudiante es transportado a un entorno clínico virtual con Módulos de Modelos 3D y Escenario realistas. Esta inmersión profunda permite una "presencia" que simula la experiencia de estar en una habitación real con un paciente, lo que potencia la transferencia de habilidades al entorno clínico real. La interacción con instrumentos virtuales que responden de manera análoga a los reales, gracias al Módulo de Interacción VR, incrementa la validez ecológica de la práctica.

***c. Estandarización y Acceso a Casos Variados***

El simulador, al ser un entorno controlado por el Unity (Motor de Desarrollo) y sus Módulos de Software del Simulador, permite replicar escenarios de práctica de manera consistente y estandarizada. Se pueden programar diferentes condiciones de paciente y situaciones (aunque la tesis se enfoca en la técnica básica, la capacidad existe para complejizar). Esto asegura que todos los estudiantes reciban una formación uniforme y tengan acceso a una gama más amplia de experiencias clínicas que de otro modo podrían no encontrar.

### *d. Retroalimentación Inmediata y Objetiva*

El Módulo de Lógica de Medición y Feedback proporciona retroalimentación precisa y en tiempo real. Esto incluye la validación de la correcta colocación de los instrumentos, la visualización instantánea de los valores de los signos vitales en Canvases digitales y la reproducción de sonidos realistas. Esta retroalimentación objetiva e inmediata es fundamental para el proceso de aprendizaje, permitiendo al estudiante corregir sus acciones al instante y entender las consecuencias directas de sus procedimientos, algo difícil de lograr con la misma granularidad en un entorno clínico saturado.

### *e. Eficiencia en el Aprendizaje y Preparación para el Campo Clínico*

Al permitir la práctica autónoma y repetida, el simulador optimiza el tiempo de aprendizaje. Los estudiantes llegan al entorno clínico real con una base de habilidades y confianza significativamente más sólida, reduciendo la curva de aprendizaje inicial y permitiendo que sus interacciones con pacientes reales se centren más en el juicio clínico y la atención centrada en el paciente, en lugar de la mecánica básica de los procedimientos.

## 3.5 Desarrollo de Habilidades Prácticas con Precisión y Eficiencia

La validación del simulador, que incluyó pruebas prácticas y una encuesta estructurada a estudiantes de enfermería, reveló que la plataforma fue percibida como una herramienta sumamente instructiva y eficaz para su formación. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de interactuar con instrumentos virtuales como el tensiómetro y un paciente simulado, ejecutando procedimientos de medición de la presión arterial y experimentando las interacciones programadas dentro del entorno virtual. Esta práctica activa y contextualizada facilita la adquisición y consolidación de habilidades técnicas, reduciendo la brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica en situaciones clínicas diversas. La retroalimentación general indicó que el simulador ofreció una valiosa oportunidad para practicar en un entorno seguro y recibir una retroalimentación más directa en comparación con los métodos tradicionales, lo que es crucial para la corrección inmediata de errores y el afianzamiento de buenas prácticas.

El simulador proporciona un entorno inmersivo que permite a los estudiantes ejecutar procedimientos de toma de signos vitales de manera repetida y controlada, lo cual es esencial para el dominio técnico. La práctica con el simulador se centra en:

### *a. Manipulación Precisa de Instrumentos Virtuales*

Los estudiantes interactúan con Módulos de Modelos 3D y Escenario que incluyen réplicas virtuales fieles de instrumentos clínicos como el tensiómetro, termómetro y oxímetro. El Módulo de Interacción VR, a través de los Controladores VR, permite una manipulación que imita fielmente la realidad: el agarre, posicionamiento y uso de cada instrumento se traduce en acciones en el mundo virtual. Esto incluye la simulación de colocar el manguito del tensiómetro en el brazo del paciente, el termómetro en la axila, o el oxímetro en el dedo.

### *b. Ejecución de Pasos Secuenciales Correctos*

La toma de signos vitales no es una acción aislada, sino una secuencia de pasos. El simulador guía (implícitamente a través de su diseño interactivo) y valida la correcta secuencia de acciones. Por ejemplo, en la toma de la presión arterial, el sistema detecta si el tensiómetro se coloca correctamente antes de permitir la auscultación con el estetoscopio virtual.

### *c. Retroalimentación Inmediata para la Corrección de Errores*

Uno de los mayores beneficios es la retroalimentación instantánea proporcionada por el Módulo de Lógica de Medición y Feedback. Si un instrumento no se coloca correctamente, o si se omite un paso, el sistema puede no registrar la medición o no mostrar los valores adecuados en los Canvases digitales. Esta respuesta directa permite al estudiante identificar y corregir errores al instante, reforzando el aprendizaje correcto de la técnica. A diferencia de un entorno clínico real donde la retroalimentación podría ser tardía o menos explícita, el simulador ofrece un ciclo de aprendizaje rápido y efectivo.

### *d. Práctica Focalizada en Habilidades Específicas*

El diseño modular del simulador permite que los estudiantes se centren en la práctica de habilidades específicas, como la auscultación de sonidos cardíacos y pulmonares o la interpretación de lecturas en pantalla, sin las distracciones o presiones de un entorno clínico real.

## 3.6 Fomento de la Inmersión y el Realismo para un Aprendizaje Significativo

Uno de los aspectos más valorados por los estudiantes fue el alto grado de inmersión y realismo en los escenarios simulados, lo que contribuyó a mejorar la sensación de presencia. Esta inmersión profunda, posible gracias a las Gafas VR (HTC Vive Pro 2) y los Controladores VR que permiten la manipulación de objetos virtuales, permite a los estudiantes sentirse realmente en un entorno clínico, lo que potencia el aprendizaje experiencial. Los comentarios verbales de los estudiantes durante el protocolo de pensamiento en voz alta resaltaron la sensación de estar en un entorno clínico real y la oportunidad de practicar sin temor a cometer errores, promoviendo un aprendizaje más dinámico y efectivo.

### *a. Razonamiento en un Entorno Controlado (Vinculado a Pruebas Guiadas y Observación Directa)*

La tesis describe la realización de Pruebas de Usuario Guiadas y Observación Directa. Durante estas pruebas, los estudiantes debían interactuar con el Módulo de Interacción VR para manipular instrumentos y realizar mediciones. Aunque el objetivo era validar la ejecución de la técnica, la necesidad de seguir una secuencia lógica y responder a las señales del sistema (como la correcta ubicación de un tensiómetro o la espera de valores en los Canvases digitales), impulsa un razonamiento procedimental. Los errores o dificultades observadas durante estas pruebas, y la forma en que los estudiantes intentaban corregirlos, son indicadores de un proceso de pensamiento en acción para resolver el problema de la tarea asignada, no solo de una ejecución mecánica.

### *b. Cultivo de la Conciencia Situacional y la Atención al Detalle (Observado en la Práctica Inmersiva)*

La inmersión generada por las Gafas VR (HTC Vive Pro 2) y el realismo del Módulo de Modelos 3D y Escenario exigen al estudiante una alta atención al detalle. Para que el Módulo de Lógica de Medición y Feedback registre una medición exitosa, el posicionamiento de los instrumentos debe ser preciso. Esta necesidad de exactitud y la observación cuidadosa de los resultados (ej. fluctuaciones de la presión arterial, sonidos específicos en la auscultación) agudizan la conciencia situacional del estudiante sobre el procedimiento y el entorno. Aunque no se midió directamente como una "habilidad blanda", la eficacia demostrada en la ejecución de la técnica implica necesariamente una mejora en la capacidad de observar, interpretar y reaccionar a los estímulos dentro del ambiente simulado.

### *c. Desarrollo de la Adaptabilidad y la Solución de Problemas (Evidenciado por el Protocolo de Pensamiento en Voz Alta)*

El uso del Protocolo de Pensamiento en Voz Alta (Think-Aloud Protocol) durante la validación es particularmente revelador. Al verbalizar sus pensamientos mientras interactuaban con el simulador, los estudiantes ofrecieron una ventana a sus procesos cognitivos. Cuando se enfrentaban a un obstáculo (ej. no lograr anclar un instrumento, no obtener una lectura), sus verbalizaciones pudieron haber revelado estrategias de solución de problemas, cómo intentaban diferentes enfoques o cómo reflexionaban sobre el error para corregirlo. Este auto-análisis en tiempo real, facilitado por un entorno seguro donde el error es una oportunidad de aprendizaje, es una manifestación directa de pensamiento crítico y adaptabilidad. Los resultados positivos en la usabilidad y la percepción de la plataforma como "sumamente instructiva" (según la encuesta de percepción inicial y el resumen ejecutivo) sugieren que los estudiantes no solo aprendieron a usar la herramienta, sino que también pudieron resolver desafíos inherentes a la simulación.

### *d. Refuerzo de la Autonomía y la Confianza para el Razonamiento (Base de la Percepción General)*

La capacidad del simulador de ofrecer un espacio de práctica autónoma, sin supervisión constante y con retroalimentación inmediata y objetiva (a través del Módulo de Lógica de Medición y Feedback y el Análisis de Datos de Registro), permite a los estudiantes tomar más responsabilidad sobre su propio aprendizaje. Este empoderamiento en la práctica técnica contribuye indirectamente a una mayor autoconfianza no solo en la ejecución manual, sino también en su capacidad para tomar decisiones informadas. La percepción general positiva de la plataforma como "eficaz para su formación" engloba no solo la adquisición de la habilidad técnica, sino también la sensación de estar mejor preparados para las complejidades que requerirán pensamiento crítico en el ámbito clínico real.

### *e. Desarrollo de Habilidades Blandas y Pensamiento Crítico*

Más allá de las habilidades técnicas, la realidad virtual tiene un impacto significativo en el desarrollo de habilidades blandas, esenciales para el desempeño profesional. Aunque el enfoque principal fue la toma de signos vitales, la interacción en un entorno simulado permite a los estudiantes mejorar su capacidad para tomar decisiones bajo presión y comprender las complejidades de un entorno clínico. Este aspecto es crucial para preparar a los futuros profesionales no solo en procedimientos, sino también en el razonamiento clínico y la respuesta adecuada a diversas situaciones.

### *f. Validación Robusta y Evidencia de Usabilidad*

El plan de validación implementado integró diversas metodologías para obtener una comprensión robusta de la usabilidad y eficacia de la plataforma. La encuesta de percepción inicial reveló una visión predominantemente positiva sobre la utilidad y el potencial de la realidad virtual para la formación. Las pruebas de usuario guiadas y la observación directa confirmaron la capacidad de los estudiantes para navegar y manipular los instrumentos virtuales, registrando un aprendizaje rápido en la interacción con la interfaz de usuario y una alta tasa de completitud de tareas. El análisis de datos de registro (Log Data Analysis) complementó esta información con datos cuantitativos objetivos sobre el comportamiento real de los usuarios, verificando

la eficiencia en los tiempos de finalización de tareas y cuantificando la frecuencia de errores, lo que sirvió para guiar optimizaciones futuras. Finalmente, la aplicación de la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) proporcionó una medida estandarizada y cuantitativa de la usabilidad percibida, consolidando la evidencia del impacto positivo.

## 3.7 Modelado de los instrumentos 3D

Para iniciar, el primer paso consiste en crear los modelos 3D de los objetos que serían utilizados en la simulación. Esto incluye diseñar desde cero todos los elementos necesarios para representar de forma realista los equipos médicos y las herramientas involucradas en la toma de signos vitales. El uso de Blender permitió modelar con precisión cada objeto, asegurando que las dimensiones, texturas y detalles fueran adecuados para integrarse de manera efectiva en el entorno de realidad virtual.

### 3.7.1 Modelado de estetoscopio

En el proceso de modelado 3D del estetoscopio en Blender, el primer paso fue reunir referencias visuales detalladas del objeto. Para asegurar la precisión del modelo, se tomaron imágenes como la Figura 8, desde diferentes ángulos del estetoscopio. Se utilizaron proporciones estándar basadas en las imágenes de referencia, para garantizar que el diseño fuera lo más realista posible.

Ya con las imágenes de referencia, se procedió al modelado inicial utilizando primitivas geométricas. Se comenzó con cilindros para modelar los tubos flexibles y las conexiones metálicas, y con esferas para las partes como los auriculares y la campana. Los objeto utilizados se pueden ver en la Figura 14. Estas formas simples fueron ajustadas a las proporciones observadas en las referencias visuales. Este enfoque permitió establecer la estructura básica del estetoscopio y asegurarse de que las partes encajaran correctamente.

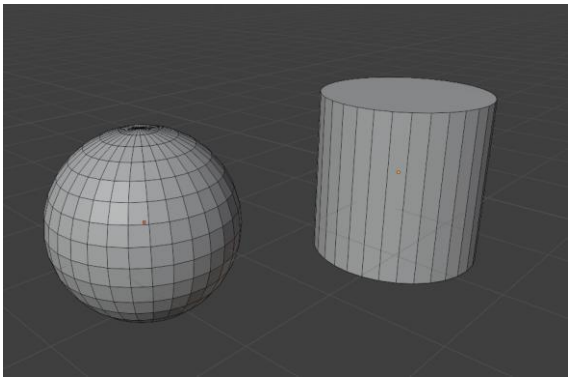


Figura 14 Objetos para modelado de estetoscopio

Con la estructura base completada, se procedió a detallar el modelo utilizando herramientas avanzadas como la extrusión y la subdivisión de superficies. Estas herramientas permitieron dar forma a las partes más complejas, como las conexiones metálicas y los tubos, que requerían un mayor nivel de precisión, obteniendo el resultado final en la Figura 15. La extrusión se utilizó para alargar y modificar ciertas zonas, mientras que la subdivisión de superficies permitió suavizar los bordes y obtener un acabado más detallado y fluido.

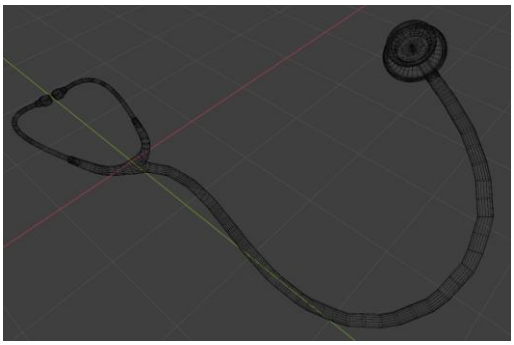


Figura 15 Esculpido final de estetoscopio

Una vez completada la geometría básica, se utilizó la herramienta de escultura digital para agregar detalles orgánicos y realistas, especialmente en las áreas curvas y los auriculares. Esta etapa fue clave para lograr un acabado más pulido, permitiendo modificar las formas de manera precisa, como si se estuviera esculpiendo en un material flexible. Además, se añadieron detalles como las ranuras y los acabados metálicos, los cuales fueron esculpidos para obtener un resultado más detallado y realista, como se observa en la Figura 16.



Figura 16 Modelado final de estetoscopio

En cuanto a la parte de texturización, se comenzó con el mapeado UV, lo que permitió proyectar las texturas de manera eficiente sobre las superficies del modelo. Se aplicaron materiales y texturas realistas para simular materiales como metal, goma y cuero, lo cual ayudó a dar un aspecto más auténtico al estetoscopio. La asignación de materiales y la creación de mapas de texturas fueron esenciales para asegurar que cada parte del modelo tuviera el acabado adecuado, el resultado se aprecia en la Figura 17.

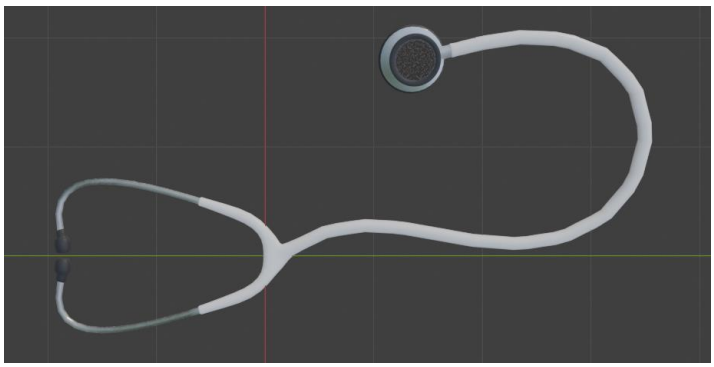


Figura 17 Estetoscopio final

### *a. Riggeado de estetoscopio*

Para agregar el esqueleto al modelo 3D del estetoscopio, se comenzó creando un "esqueleto" o armature en Blender, que consiste en huesos virtuales que controlan el movimiento de las partes del objeto. Primero, se añadieron los huesos principales para las zonas flexibles, como los tubos y las conexiones metálicas, como se observa en la Figura 18. Estos huesos fueron colocados de manera que pudieran simular la flexibilidad de los tubos al moverlos.

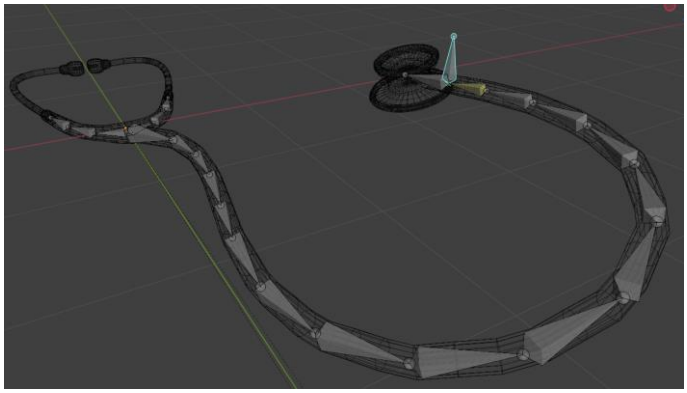


Figura 18 Esqueleto de estetoscopio

Luego, se vinculó la malla del estetoscopio a los huesos utilizando una técnica llamada skinning, que permite que las partes del modelo se deformen al mover los huesos. Para obtener un movimiento más preciso, como se observa en la Figura 19, se ajustaron los pesos de los vértices, de modo que solo las áreas adecuadas se movieran con los huesos.

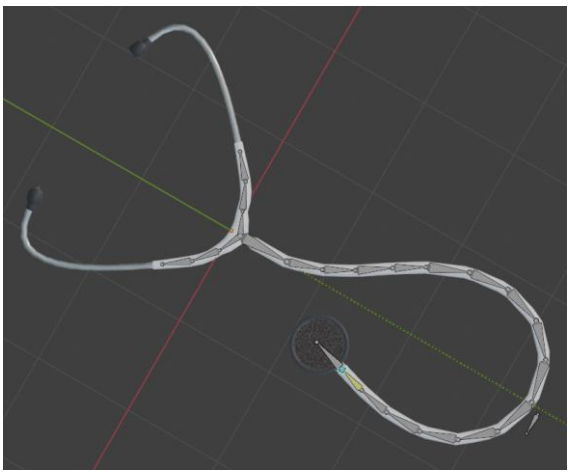


Figura 19 Estetoscopio riggeado

Se añadieron restricciones a los huesos para evitar que las partes del estetoscopio se deformaran de manera incorrecta durante la animación. También se incluyeron huesos para los auriculares y la campana, permitiendo que estas partes pudieran rotar y ajustarse de manera realista.

### 3.7.2 Modelado de Tensiómetro

Para comenzar con el modelado 3D obtendremos imágenes de referencia detalladas del dispositivo como en la Figura 9. En este caso, no contamos con las medidas exactas, así qué se usarán proporciones aproximadas basadas en las imágenes, lo que permitirá crear una representación fiel al objeto real.

A continuación, se creará la estructura básica del tensiómetro. Se comenzará con un cilindro en para representar el cuerpo del manómetro, ajustando su tamaño y proporciones según las referencias obtenidas. Se utilizarán herramientas como extrusión y subdivisión para darle forma al manómetro, suavizando los bordes y asegurando que se asemeje al dispositivo real. Se modelará también el contorno del cuerpo del tensiómetro, generalmente rectangular, utilizando un cubo que se ajustará a las proporciones, obteniendo el resultado de la Figura 20.

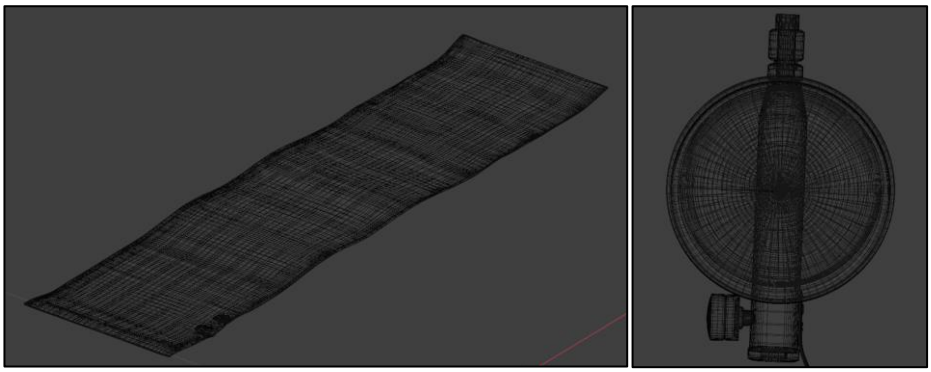


Figura 20 Modelado de brazalete y manómetro de tensiómetro

Luego, se modelará la esfera del manómetro. Para esto, se utilizará una esfera que representará el dial del manómetro. Esta parte debe tener detalles como los números y las divisiones de presión, por lo que se añadirá un sistema de texturización para simular la escala y la aguja del manómetro de manera realista, como se observa en la Figura 21.

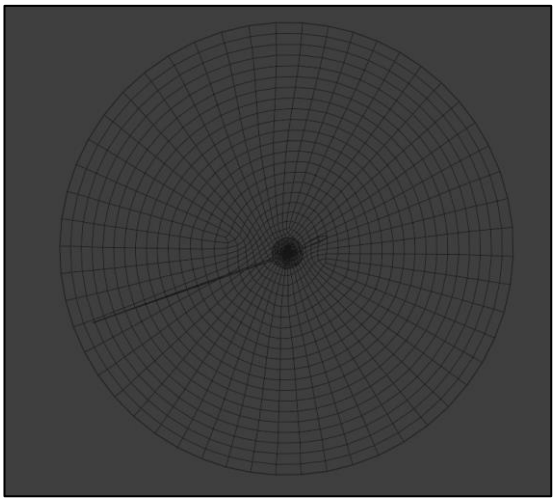


Figura 21 Modelado de dial de números

El siguiente paso será modelar los botones y controles del tensiómetro. Estos se crearán utilizando cilindros o esferas para representar los botones, ajustando su tamaño y ubicándolos en las zonas correspondientes según las imágenes de referencia. Además, se añadirán detalles como ranuras o marcas en los botones para darles un acabado más realista, utilizando herramientas de extrusión.

Después, se modelará el tubo flexible que conecta el manómetro con la parte inflable. Este tubo se representará con un cilindro largo y delgado, que se ajustará en longitud y grosor según las proporciones del dispositivo. Las conexiones y válvulas se modelarán utilizando cilindros pequeños o esferas, asegurando que se vea realista y acorde con el diseño del tensiómetro con manómetro, el resultado se observa en la Figura 22.



Figura 22 Modelado de válvula y tubo flexible

Una vez que la geometría básica esté lista, se procederá con la texturización. Se realizará el UV mapping para desplegar las superficies del modelo y aplicar las texturas correspondientes. A cada parte del tensiómetro se le asignarán materiales: el cuerpo será de plástico, el manómetro tendrá un acabado metálico para simular el acero inoxidable, y el tubo flexible tendrá una textura que imite el caucho o goma. Finalmente obtenemos el renderizado final de la Figura 23.

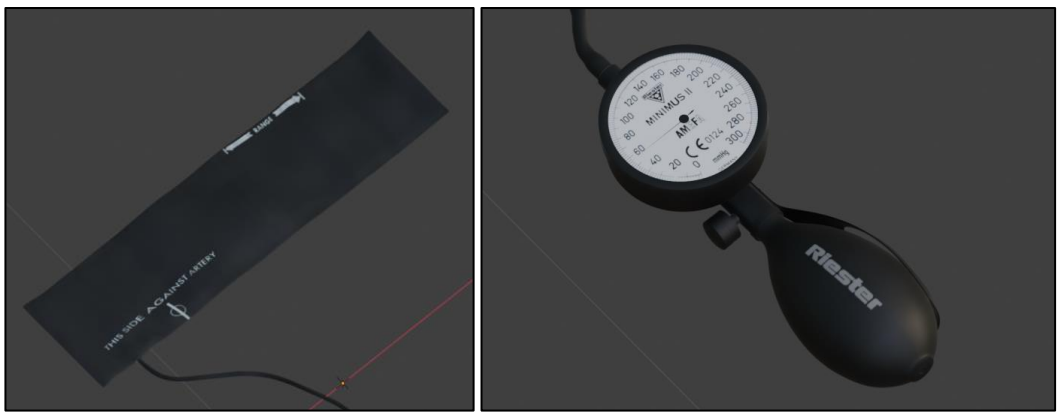



Figura 23 Modelado final del estetoscopio

### 3.7.3 Modelado de Termómetro

Para modelar el termómetro en 3D en Blender, obtenemos referencias visuales como en la Figura 7 para modelar los objetos necesarios y obtener el diseño final del termómetro.

Entonces, se comenzará con un cubo para representar el cuerpo del termómetro. Este cubo se ajustará en tamaño y forma según las referencias. Se debe usar herramientas de extrusión y subdivisión lo que permitirá darle una forma más precisa y suave, obteniendo el modelo de la Figura 24, acorde con el diseño real del termómetro.

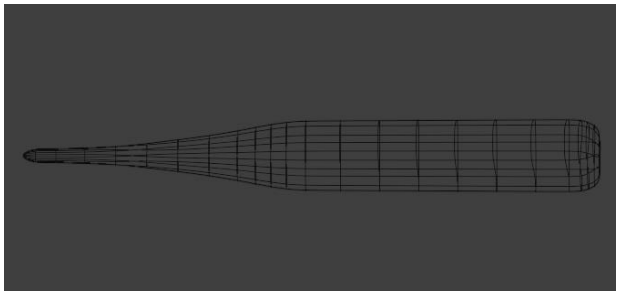


Figura 24 Modelado del termómetro

Una vez modelado la forma del termómetro, se realizará el UV mapping para desplegar las superficies del modelo y aplicar las texturas adecuadas, como una pantalla y el botón que de encendido en lugar de un objeto físico. Se asignarán materiales como plástico para el cuerpo. Para el boton, se usará un material metálico, y se aplicarán texturas para simular los números de la pantalla, obteniendo los resultados de la Figura 25.

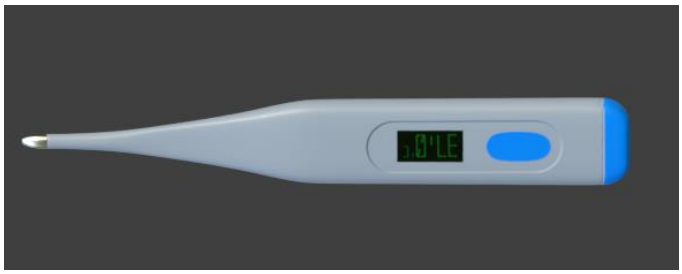


Figura 25 Termómetro texturizado

### 3.7.4 Modelado de Oxímetro

Primero se estudiará imágenes de referencia detalladas del dispositivo como en la Figura 10. Con el fin de definir las proporciones y los detalles del pulsioxímetro, tales como la pantalla, los botones y las conexiones.

El siguiente paso será modelar el cuerpo principal del pulsioxímetro, el cual tiene una forma rectangular o compacta. Para ello, en la Figura 26, se comenzará utilizando un cubo y un cilindro en Blender, ajustando sus dimensiones para que coincidan con las referencias obtenidas. Se aplicarán herramientas como extrusión y subdivisión de superficies para suavizar los bordes y dar forma al modelo, asegurando que la geometría sea adecuada.

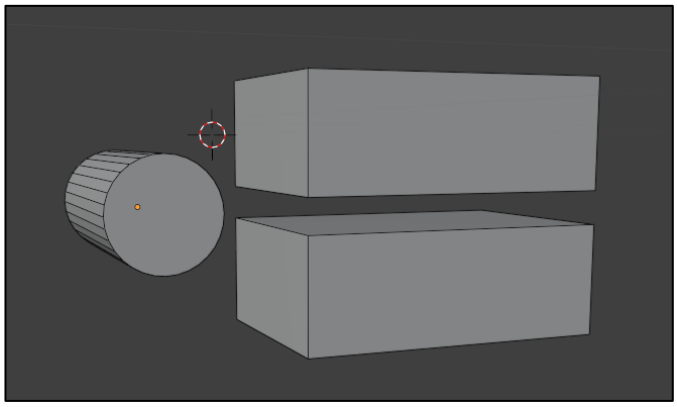


Figura 26 Objetos para modelado del pulsioxímetro

La pantalla del pulsioxímetro será texturizada en el renderizado final con las dimensiones exactas de la pantalla. Por lo que el siguiente paso será modelar los botones del pulsioxímetro, utilizando cilindros o esferas para representar la forma de cada botón. Se ajustarán las posiciones y tamaños de los botones de acuerdo con las referencias visuales. Si los botones tienen detalles como ranuras o formas específicas, se emplearán herramientas de extrusión o esculpido para agregar estos detalles, asegurando que los botones tengan un aspecto realista, de esta forma obtenemos el modelo de la Figura 27

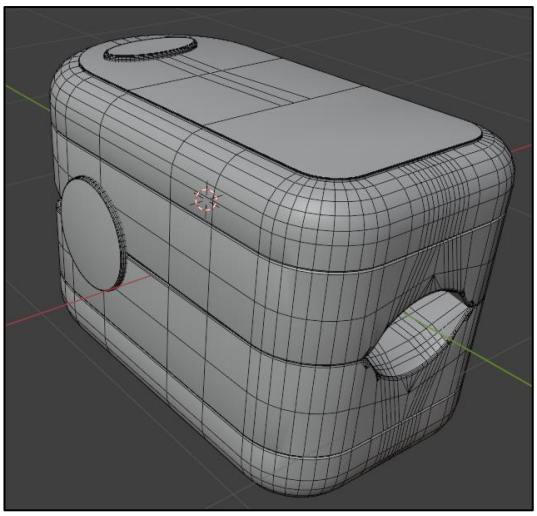


Figura 27 Modelado del pulsioxímetro

Una vez completado el modelado básico, se procederá a realizar el UV mapping del modelo para desplegar las superficies del dispositivo y facilitar la aplicación de las texturas. Se asignarán materiales adecuados, como plástico para el cuerpo principal,

vidrio o LCD para la pantalla, y material metálico o plástico para los botones. Se aplicarán las texturas correspondientes a cada parte del modelo, asegurándose de que se visualicen de manera realista como en la Figura 28.

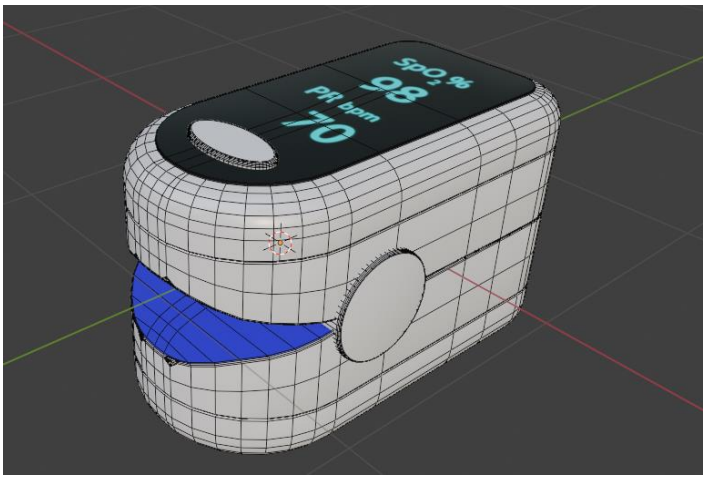



Figura 28 Modelo final de pulsioxímetro

## 3.8 Diseño de escenario / habitación

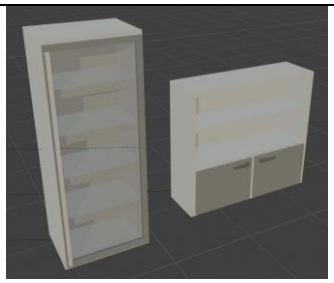
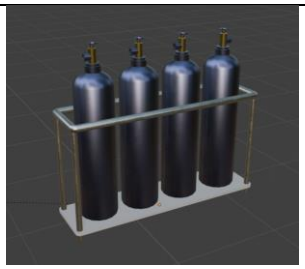
### 3.8.1 Modelado de muebles y personajes

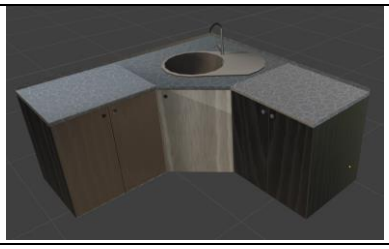
Para el desarrollo del modelado 3D de los muebles utilizados en este proyecto, se optó por reciclar información de modelos ya existentes. Se descargaron artículos y modelos 3D desde sitios web como TurboSquid [30], Free Models 3D [31] y Sketchfab [32], los cuales ofrecían una amplia variedad de diseños de muebles en alta calidad. Estos modelos ya creados se ajustaron a las necesidades específicas del proyecto, modificando proporciones, texturas y detalles para que se adaptaran al entorno virtual de la simulación. De esta forma, se ahorró tiempo en el proceso de creación de los muebles y se garantizó la calidad visual de los objetos dentro del espacio de simulación.

En la Tabla 15 se especifican los modelos 3D que fueron utilizados para el desarrollo del escenario.

Tabla 15 Objetos 3D utilizados

| Objeto | Modelo 3D |
|---|---|
| Paciente [31] |  |
| Enfermero [30] |  |
| Cama [32] |  |
| Monitor [32] |  |
| Mesa de indumentos [30] |  |

| | |
|---|---|
| Cajonera [30] |  |
| Poste intravenoso con gancho [31] |  |
| Gabinetes [31] |  |
| Tanques de oxígeno [31] |  |
| Mesa 1 [30] |  |
| Mesa 2 [30] |  |

| | |
|---|---|
| Mueble [32] |  |
| Sillón [32] |  |
| Lavabo [31] |  |

### 3.8.2 Diseño del escenario

El diseño del escenario para la plataforma de realidad virtual se desarrolló con el objetivo de crear un ambiente inmersivo que simule un entorno hospitalario realista para el entrenamiento de los estudiantes de enfermería. La sala fue modelada de manera detallada utilizando los objetos 3D previamente desarrollados, garantizando que cada componente reflejara la disposición y el mobiliario típicos de un espacio clínico.

El escenario incluye una cama hospitalaria en el centro, junto con un monitor médico, equipos de oxígeno y otros dispositivos esenciales como una mesa de noche y una silla de apoyo. Estos objetos fueron cuidadosamente distribuidos dentro del espacio para crear una experiencia visual coherente con un entorno realista. Los objetos fueron colocados como se aprecia en la Figura 29 de manera que los estudiantes pudieran interactuar con ellos de forma intuitiva, simulando situaciones reales en las que se requiere realizar la toma de signos vitales.

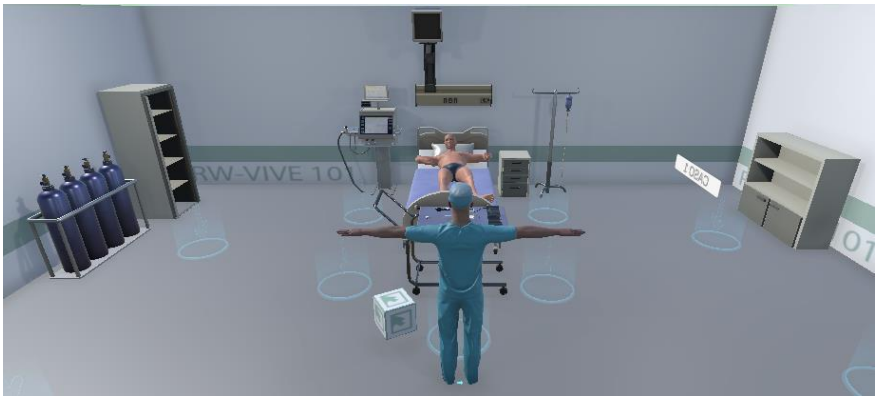


Figura 29 Diseño inicial del escenario

Los modelos 3D del paciente y enfermero, ubicados en diferentes posiciones dentro de la sala, permiten a los estudiantes practicar la toma de signos vitales en situaciones diversas, como la medición de la presión arterial, la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal. Este diseño permite no solo la práctica de las habilidades técnicas, sino también el fomento de una adecuada relación profesional en el contexto de un entorno médico simulado.

Cada uno de los instrumentos dentro de la sala fue importado y ubicado cuidadosamente en Unity, como se observa en la Figura 30, asegurando la correcta integración con la lógica del sistema y la interfaz de usuario. La iluminación, las sombras y la textura de los modelos fueron ajustadas para mejorar la inmersión, proporcionando una experiencia visual realista para los usuarios de la plataforma. Este escenario no solo busca simular un entorno médico funcional, sino también proporcionar un espacio virtual donde los estudiantes puedan cometer errores, aprender y mejorar sus habilidades sin riesgo alguno.

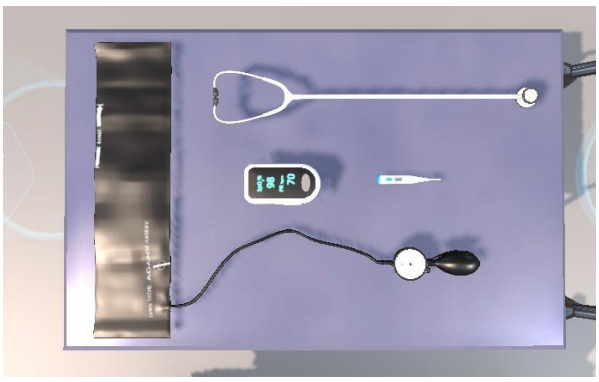


Figura 30 Mesa de instrumentos

## 3.9 Elementos del escenario interactivo

### 3.9.1 Selección de objetos

Para garantizar una interacción adecuada entre el usuario y el entorno virtual, se procedió a realizar una selección detallada de los objetos dentro del escenario. Esta selección se basó en la clasificación de los objetos en dos categorías principales: objetos estáticos y objetos dinámicos. Cada categoría requería un enfoque específico en cuanto a la asignación de colisionadores y la interacción con el sistema.

***a. Objetos Estáticos***

Los objetos estáticos, como los muebles (mesas, estanterías, silla, entre otros), fueron seleccionados debido a su naturaleza inmutable dentro del entorno. Estos objetos no sufren desplazamientos ni modificaciones durante la simulación, lo que permite asignarles colisionadores más simples y eficientes. Para tales elementos, se emplearon Box Colliders o Mesh Colliders, según la geometría de cada objeto, con el fin de cubrir las áreas de contacto de manera precisa, sin afectar el rendimiento del sistema. El objetivo de esta selección fue asegurar que los estudiantes pudieran interactuar con estos objetos (por ejemplo, al acercarse a la mesa o al tocarlos) sin causar alteraciones en su posición o movimiento.

***b. Objetos Dinámicos***

Los objetos dinámicos, como los instrumentos médicos (termómetros, tensiómetros, etc.) y el paciente virtual, requieren una interacción más compleja, ya que pueden moverse o cambiar de estado durante la simulación. Para los instrumentos médicos, se utilizó un enfoque basado en Sphere Colliders y Box Colliders. Estos colisionadores fueron ajustados para cubrir las partes activas de cada instrumento, como las superficies de contacto con las manos del usuario, permitiendo que los estudiantes interactuaran con ellos de manera precisa, por ejemplo, al medir la temperatura o la presión arterial. Además, se añadió la opción de "Is Trigger" para estos objetos, de modo que la detección de interacciones no afectara las físicas del sistema, sino que

permitiera activar eventos específicos como la visualización de la medición en tiempo real.

En cuanto al paciente virtual, que se mueve de manera controlada durante ciertas interacciones, se utilizó un Mesh Collider para asegurarse de que la colisión con el modelo del paciente se manejara con alta precisión, respetando la anatomía del modelo 3D. Este colisionador también permitió detectar las interacciones del estudiante con el paciente, como el contacto para aplicar un equipo médico o realizar una medición.

### 3.9.2 Colisionadores de objetos

#### *a. Termómetro*

Para que el termómetro en el simulador de realidad virtual funcione de manera eficiente y ofrezca una experiencia interactiva realista, es crucial asignarle el colisionador adecuado. Dado que el termómetro tiene una forma alargada y cilíndrica, el colisionador debe adaptarse a su geometría para garantizar una interacción precisa sin sobrecargar el sistema. En este caso, el Box Collider es la opción más adecuada, ya que es perfecto para objetos de forma alargada y rectangular, como el termómetro, permitiendo una detección eficiente de las interacciones del usuario. Este colisionador cubre de manera efectiva toda el área del termómetro, asegurando que se pueda interactuar con él de forma intuitiva sin generar colisiones innecesarias.

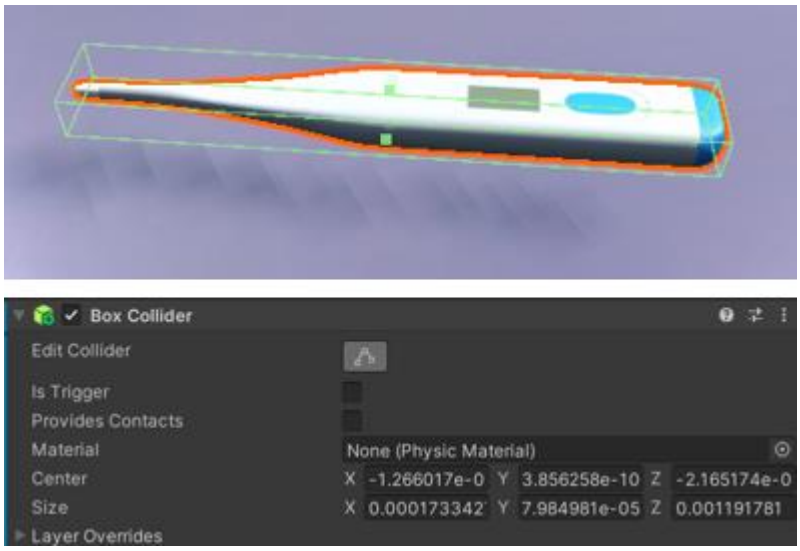



Figura 31 Configuración de colisionador de termómetro

El siguiente paso consiste en ajustar el tamaño y la posición del Box Collider dentro del termómetro. Es esencial que el colisionador se alinee correctamente con las dimensiones del objeto, cubriendo toda su longitud y diámetro tal como se observa en la Figura 31. El tamaño del Box Collider debe coincidir con el del termómetro, desde la base hasta la punta, para garantizar que cualquier interacción del usuario se registre de manera adecuada. Un ajuste incorrecto podría ocasionar que la detección de la colisión no se active correctamente, lo que afectaría la calidad de la experiencia de usuario, ya que el termómetro no respondería como se espera durante la simulación. Asegurarse de que el colisionador se ajuste de forma precisa es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema.

Una vez configurado el tamaño y la posición del Box Collider, se debe activar la opción "Is Trigger". Esta opción permite que el colisionador actúe como un "gatillo", lo que significa que no interferirá físicamente con el entorno ni causará efectos como empujes o rebotes cuando el usuario lo toque. Al activar "Is Trigger", el colisionador se convierte en una herramienta para detectar interacciones, permitiendo que el sistema ejecute eventos como la visualización de la temperatura medida sin aplicar ninguna física real en el objeto. Esta es una característica clave para mantener la inmersión en el entorno de simulación y garantizar que las interacciones se realicen sin interrupciones innecesarias por efectos físicos no deseados.

Para asegurarse de que todo funcione correctamente, es necesario realizar pruebas dentro del entorno de Unity. Estas pruebas permiten verificar que el Box Collider cubra correctamente todo el termómetro y que las interacciones con el objeto se detecten de forma precisa. Durante estas pruebas, se deben observar los eventos activados cuando el usuario se acerca o toca el termómetro, como la visualización de la medición de la temperatura. Si se detectan errores, como la falta de respuesta o la detección incorrecta de colisiones, es necesario hacer ajustes en el tamaño, la forma o la posición del Box Collider hasta que las interacciones sean perfectas. Las pruebas son una parte crucial del proceso, ya que permiten asegurar que el termómetro funcione correctamente y sin problemas durante el uso.

### *b. Estetoscopio*

Para asignar los colisionadores al estetoscopio dentro del simulador de realidad virtual, se debe seguir un proceso detallado que permita una interacción precisa y eficiente entre el usuario y el objeto. El estetoscopio está compuesto por diferentes componentes con formas variadas: el tubo, los auriculares y el disco de auscultación. Cada uno de estos componentes requiere un colisionador diferente, dependiendo de su forma y funcionalidad en el simulador. En primer lugar, es necesario añadir un Box Collider a todos los componentes del estetoscopio, excepto al tubo flexible, para garantizar una detección de colisiones eficiente. Este colisionador proporciona una solución óptima para objetos con formas rectangulares o cilíndricas y permite una interacción precisa en los componentes rígidos, como los auriculares y el disco de auscultación. El proceso comienza con la selección de los componentes estáticos del estetoscopio y la aplicación del Box Collider a cada uno de ellos.

Una vez seleccionado el componente adecuado, se debe ajustar el Box Collider para que se adapte de manera precisa a la geometría de cada parte del estetoscopio. Por ejemplo, en el caso de los auriculares y el disco de auscultación, que tienen formas más o menos regulares, el Box Collider debe ser dimensionado de forma que cubra adecuadamente el área de contacto del objeto, sin sobrepasar otras áreas del estetoscopio. Este paso es esencial para garantizar que las interacciones se detecten correctamente, permitiendo que el usuario pueda simular acciones como colocar el disco sobre el paciente o manipular los auriculares. Para ello, se debe alinear el Box Collider con las partes relevantes de los objetos, ajustando su tamaño según las dimensiones del componente, asegurándose de que no haya colisiones innecesarias con otras áreas del entorno o el propio estetoscopio.

El siguiente paso consiste en asignar un Mesh Collider al tubo flexible del estetoscopio. Dado que el tubo tiene una forma más compleja y flexible, se debe elegir un Mesh Collider en lugar de un Box Collider para lograr una detección precisa de colisiones. Este colisionador se adapta mejor a las formas irregulares y permite que el sistema detecte las interacciones con mayor exactitud, especialmente cuando el tubo se mueve o se curva. Para aplicar el Mesh Collider, se debe seleccionar el tubo dentro del escenario y añadir el colisionador correspondiente. A diferencia del Box Collider,

que cubre un área rectangular, el Mesh Collider sigue la forma exacta del objeto, lo que permite una detección de colisiones más precisa. Este paso es fundamental para garantizar que las interacciones con el tubo flexible sean realistas, como cuando el usuario manipula el estetoscopio para colocarlo en la posición correcta sobre el paciente. Obteniendo las siguientes configuraciones de la Figura 32.

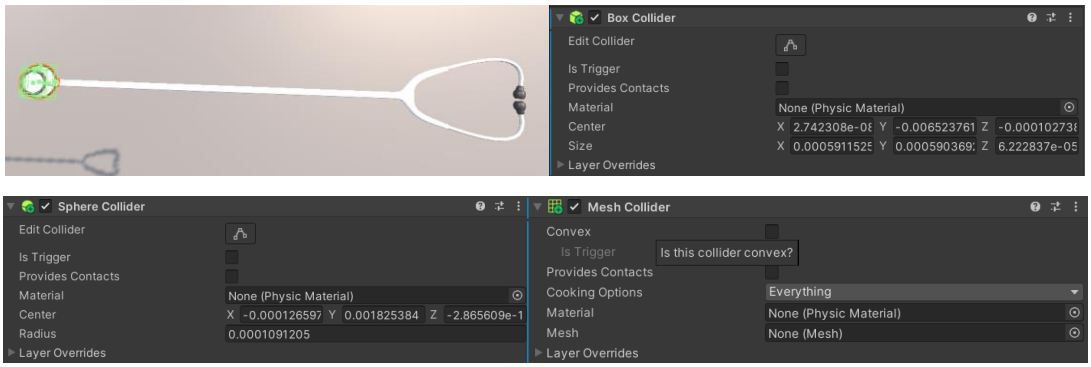



Figura 32 Configuración de colisionadores del estetoscopio

Una vez aplicados los colisionadores a todos los componentes del estetoscopio, es crucial realizar ajustes finos para asegurarse de que los colisionadores estén correctamente alineados con la geometría del objeto y no interfieran entre sí ni con otros objetos del entorno. Se deben realizar pruebas dentro del simulador para verificar que las interacciones sean detectadas correctamente. En este caso, el usuario debe ser capaz de interactuar con el disco de auscultación, el tubo y los auriculares sin que ocurran errores de colisión. Si se detecta alguna anomalía, como una respuesta incorrecta a las interacciones o colisiones no deseadas, se debe ajustar el tamaño o la posición de los colisionadores para corregir los problemas. Estas pruebas aseguran que el estetoscopio funcione correctamente en el simulador y que la experiencia del usuario sea fluida y precisa.

### *c. Tensiómetro*

El primer paso es asignar un Box Collider a las partes rígidas del tensiómetro, específicamente a la bomba y al manómetro. Estos componentes tienen una forma sencilla y regular, lo que hace que el Box Collider sea la opción más adecuada. Este tipo de colisionador es ideal para objetos que tienen una geometría recta o cilíndrica, ya que proporciona una cobertura eficiente para la detección de interacciones sin

añadir complejidad innecesaria. Se debe ajustar el tamaño del Box Collider para que cubra adecuadamente el volumen de la bomba y del manómetro, asegurando que las interacciones, como la manipulación de la bomba para inflar el brazalete, sean detectadas correctamente. Además, se debe activar la opción "Is Trigger" para permitir que las interacciones sean registradas sin que se apliquen efectos físicos, como rebotes o empujes, durante la manipulación.

Una vez que se ha asignado el Box Collider a la bomba y el manómetro, el siguiente paso consiste en asignar un Mesh Collider al tubo del tensiómetro, esta configuración se aprecia en la Figura 33. El tubo, al ser flexible y tener una forma alargada que puede curvarse, requiere un colisionador más preciso que pueda adaptarse a su geometría irregular. En este caso, el Mesh Collider es la opción más adecuada, ya que se adapta perfectamente a la forma del tubo y sigue su curvatura. Esto asegura que las interacciones con el tubo, como la conexión entre la bomba y el brazalete, sean registradas de manera precisa. Al igual que con las otras partes del tensiómetro, se debe activar la opción "Is Trigger" en el Mesh Collider para evitar que se apliquen efectos físicos durante la manipulación del tubo, lo que facilita una interacción más natural.

El siguiente componente en el que se deben aplicar colisionadores es el brazalete, que también es flexible. Al igual que con el tubo, el Mesh Collider es la mejor opción para el brazalete, ya que permite una detección precisa de las interacciones sin que se genere una colisión física que interfiera con el funcionamiento del simulador. El Mesh Collider se adapta a la forma del brazalete y asegura que el sistema registre correctamente las interacciones del usuario cuando se coloca el brazalete en el brazo del paciente. Es importante ajustar el Mesh Collider para que se cubra toda la superficie del brazalete, asegurando que las interacciones del usuario, como el ajuste o la colocación del brazalete, sean detectadas con precisión.

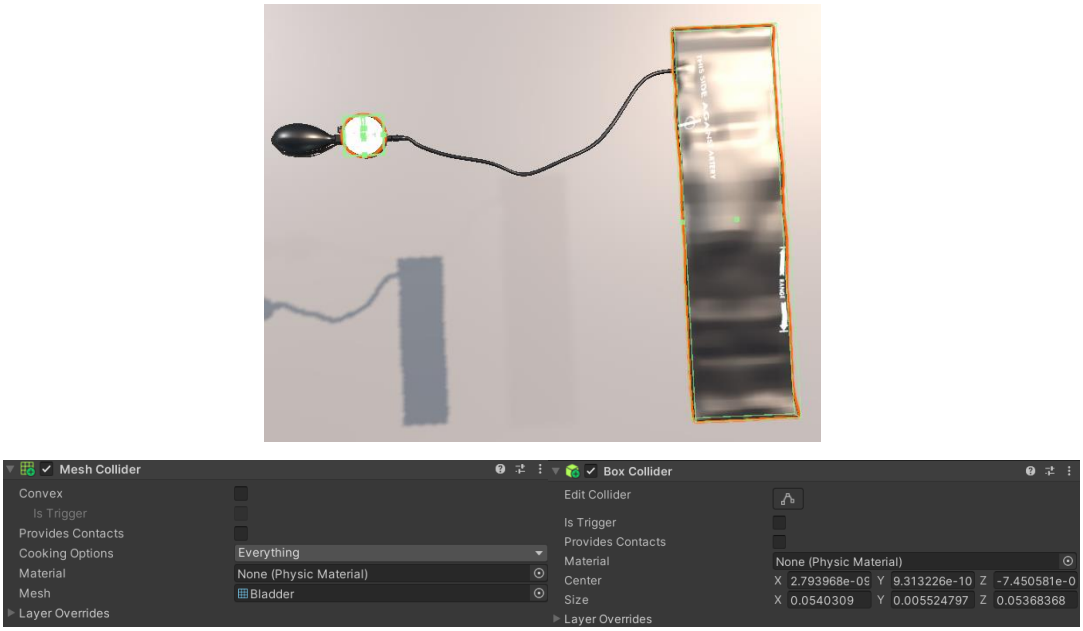



Figura 33 Configuración de colisionadores de tensiómetro

Una vez que los colisionadores han sido asignados a cada componente, es necesario realizar pruebas exhaustivas dentro del entorno de Unity. Estas pruebas permiten verificar que las interacciones con el tensiómetro sean detectadas correctamente. Se deben realizar pruebas específicas para cada componente, como verificar que el Box Collider de la bomba y el manómetro responda adecuadamente al contacto del usuario y que el Mesh Collider del tubo y el brazalete detecten las interacciones de manera precisa. Si se detectan problemas, como una falta de respuesta en las interacciones o un ajuste incorrecto de los colisionadores, se deben realizar los ajustes necesarios en tamaño, forma o posición de los colisionadores para corregir cualquier error.

### *d. Pulsioxímetro*

El primer paso es asignar un Box Collider al cuerpo principal del pulsioxímetro. Dado que el dispositivo tiene una forma rectangular, el Box Collider cubrirá eficientemente el volumen de todo el dispositivo, asegurando que las interacciones del usuario con el pulsioxímetro sean registradas correctamente. Se debe ajustar el tamaño del Box Collider para que coincida con las dimensiones del pulsioxímetro, garantizando que toda su área interactuable sea cubierta por el colisionador. Además, se activa la opción "Is Trigger", lo que permitirá que el colisionador registre las interacciones sin generar

efectos físicos como empujes o rebotes, lo cual es adecuado para este tipo de dispositivo en un entorno de simulación.

Una vez asignado el colisionador al cuerpo principal, se procede a asignar Box Colliders al sensor que se coloca en el dedo del paciente. Aunque este componente es más pequeño, la forma rectangular del sensor permite que el Box Collider cubra adecuadamente el área interactuable, asegurando que el usuario pueda simular la colocación del pulsioxímetro en el dedo del paciente sin problemas. Al igual que con el cuerpo principal, se activa la opción "Is Trigger" para que las interacciones con el sensor se detecten sin afectar las físicas del objeto. Resultando en las configuraciones finales de la Figura 34.

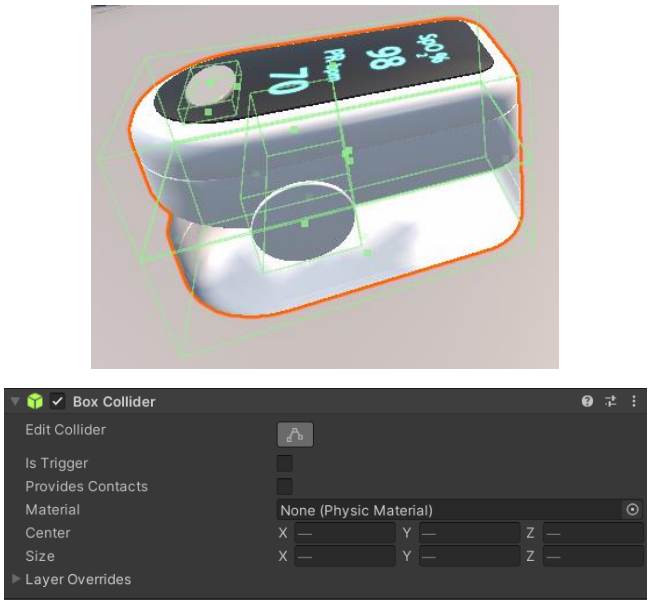



Figura 34 Configuración de colisionadores del pulsioxímetro

### *e. Paciente*

El paciente de la Figura 35 es un modelo dinámico que puede cambiar de posición o interactuar con los objetos médicos en el simulador. Para el paciente, se utiliza un Mesh Collider debido a su forma compleja y la necesidad de una detección precisa de colisiones durante las interacciones.

El Mesh Collider es el más adecuado para el paciente, ya que su modelo 3D tiene una geometría compleja y requiere una detección de colisiones precisa. Este colisionador

permite una interacción más fiel con los objetos médicos y asegura que las interacciones del estudiante con el paciente sean realistas.

Se debe ajustar el Mesh Collider para que se adapte con precisión a la geometría del cuerpo del paciente. Asegurarse de que la detección de colisiones se realice de manera adecuada en las áreas relevantes, como el área de la mano, el cuello o el pecho, dependiendo de las interacciones previstas durante la simulación.

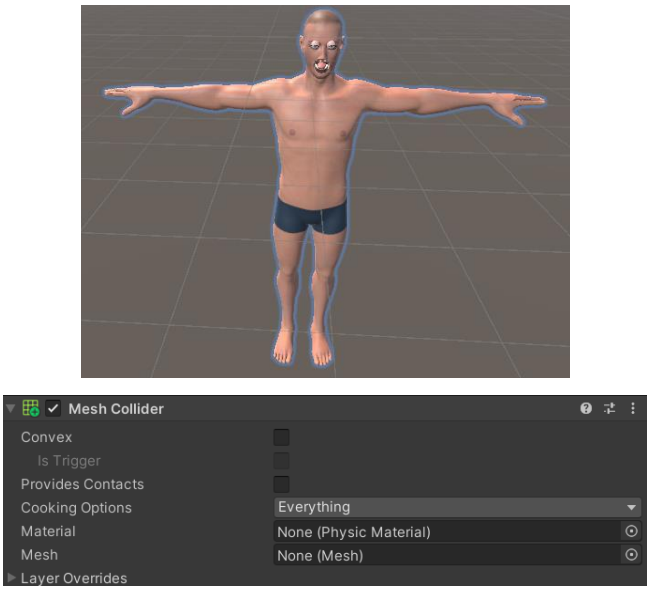



Figura 35 Configuración de colisionador del paciente

### 3.9.3 Interactores de objetos

Para configurar las interacciones entre el jugador y los instrumentos médicos dentro del simulador de realidad virtual, es necesario permitir que el jugador manipule, agarre y utilice los objetos de forma natural. Estos instrumentos, que incluyen el estetoscopio, el termómetro, el tensiómetro y el oxímetro, deben ser interactuables con los controladores VR. El proceso de configuración implica la asignación de scripts que habiliten las interacciones de agarre, manipulación y lanzamiento, como el XR Grab Interactable y el XR Throwable Interactable. A continuación, se detallan los pasos para configurar estos componentes de manera que las interacciones entre el jugador y los instrumentos sean realistas y funcionales.

### *a. Adición del Componente XR Grab Interactable a los Instrumentos*

Para permitir que los instrumentos, como el estetoscopio, el termómetro, el tensiómetro y el oxímetro, sean agarrados por el jugador, se debe agregar el componente XR Grab Interactable de la Figura 36 a cada uno de ellos.

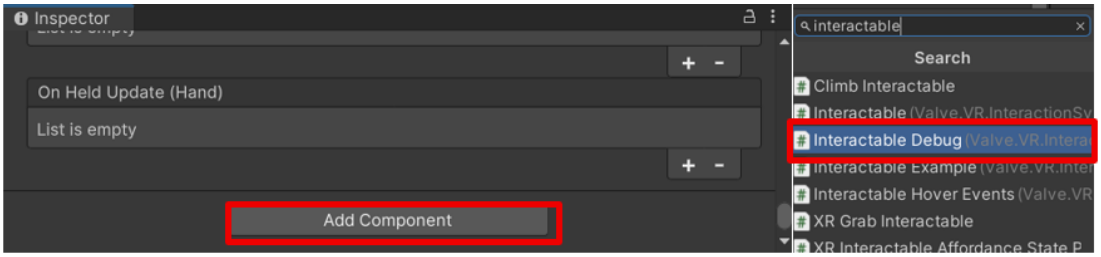



Figura 36 Adición del script Interactable

- ***Selección de Instrumentos.*** En la jerarquía de Unity, seleccionar cada instrumento (por ejemplo, el estetoscopio o el termómetro) y añadir el componente XR Grab Interactable a través del panel del Inspector.

- ***Propiedades del Componente.*** Hay que asegurarse de que el componente XR Grab Interactable esté correctamente configurado como en la Figura 37. Ajustar las propiedades como Attach Transform, que determinará cómo el objeto se alineará con las manos del jugador cuando lo agarre. Esta configuración es esencial para que los instrumentos se sostengan de manera natural.

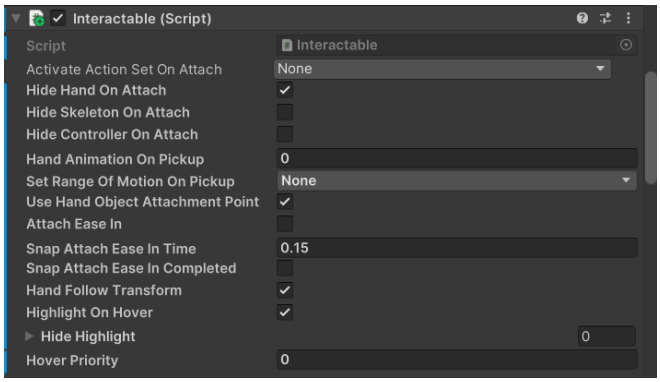



Figura 37 Script Interactable

Un consejo puede ser ajustar la posición del Attach Transform, ya que es fundamental para que el instrumento se ubique correctamente en la mano del jugador, garantizando una interacción cómoda y realista.

### *b. Componente de Lanzamiento: XR Throwable Interactable*

Para permitir que el jugador pueda lanzar los instrumentos, como el estetoscopio o el termómetro, se debe agregar el componente XR Throwable Interactable de la Figura 38. Este script hace que los objetos puedan ser lanzados con una física realista.

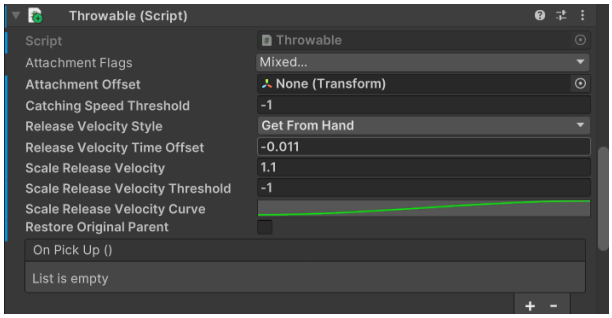



Figura 38 Sript Throwable

- ***Adición del Componente a los Instrumentos.*** Seleccionar los instrumentos a lanzar, como el estetoscopio o el oxímetro, e ir al panel del Inspector para añadir el componente "Throwable" de la Figura 39. Este componente habilita la funcionalidad de lanzamiento y permite al jugador soltar el objeto de manera controlada.

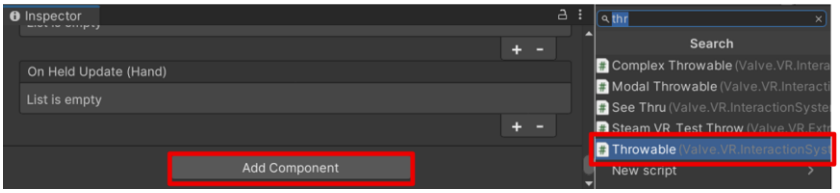



Figura 39 Adición del script Throwable

- ***Interacción con el Paciente:*** Además de los instrumentos, el paciente es otro elemento clave con el que el jugador debe interactuar. Para permitir que el jugador utilice los instrumentos en el paciente, como colocar el estetoscopio en el pecho o el oxímetro en el dedo, es necesario añadir componentes de interacción similares a los utilizados para los instrumentos.

- ***Adición el Componente XR Grab Interactable al Paciente.*** Como el paciente también debe ser manipulado con acciones como por ejemplo, mover el brazo para colocar el brazalete, para ello se debe agregar el componente XR Grab Interactable a las partes específicas del paciente, como las manos o el torso.

## 3.10 Procedimiento para la medición de signos vitales del paciente

El desarrollo de los puntos de medición del paciente en el entorno de simulación de realidad virtual se ha concebido bajo una estrategia modular y estandarizada para cada uno de los instrumentos médicos implicados: el termómetro, el oxímetro y el tensiómetro. Esta sección se dedicará a detallar la configuración técnica inherente a cada componente que interviene en la interacción de medición, abarcando desde la estructuración de los sockets y la definición de las animaciones, hasta la implementación de los triggers y la concepción de los lienzos (Canvas) donde se reflejan las mediciones obtenidas. Se buscará proporcionar una descripción exhaustiva de las metodologías empleadas.

### 3.10.1 Medición de temperatura

La interacción del termómetro con el paciente se fundamenta en un sistema de anclaje diseñado para permitir al usuario insertar el instrumento en una ubicación anatómica específica del cuerpo del paciente, posibilitando así la visualización de una medición clínica simulada. Este proceso implica una secuencia de eventos y configuraciones que garantizan una experiencia inmersiva y funcional.

#### *a. Punto de medición*

Se debe definir la ubicación espacial precisa y la orientación tridimensional en la que el termómetro debe ser anclado dentro de la región axilar del paciente virtual, asegurando una alineación natural y clínicamente relevante para la interacción. Para este caso de medición de la temperatura el punto especifico estará ubicado en la axila como se ve en la Figura 40.

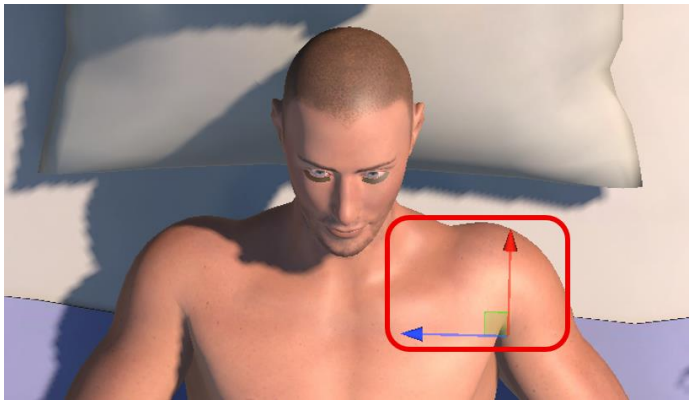


Figura 40 Punto de pivote de socket de axila

Para obtener una interacción natural y fluida se debe configurar los objetos involucrados en esta acción como se explica a continuación.

- ***Punto de medición Thermometer_AxillaSocket.*** Se implementa el objeto Thermometer_AxillaSocket como un GameObject vacío, cuyo posicionamiento y rotación se realizan con una exactitud en el punto de la Figura 40. Este objeto se establece como hijo del modelo del paciente, en este caso, bajo la jerarquía del objeto padre del termometro, lo que garantiza su seguimiento adecuado durante el movimiento del modelo.

- ***Collider de interacción.*** Adosar un componente Sphere Collider (o Box Collider) a Thermometer_AxillaSocket, configurando este último como Is Trigger (marcado), tal como muestra la Figura 41. Esta configuración es esencial para establecer el volumen de detección del socket, permitiendo que el sistema identifique la proximidad del termómetro sin generar colisiones físicas.

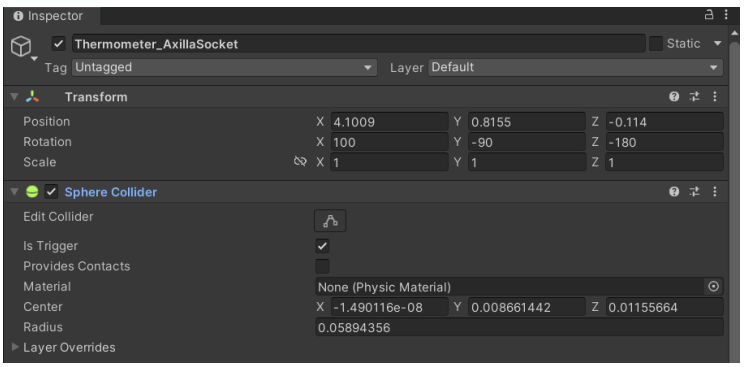



Figura 41 Colisionador modo Trigger de Thermometer_AxillaSocket

- ***Socket de anclaje.*** Se integra el componente XRSocketInteractor, cuya función resulta crucial para la automatización de la mecánica de anclaje del instrumento. Este interactor gestiona la detección y aceptación del termómetro. Para el correcto funcionamiento del socket, añadimos los componentes del termómetro al script con la siguiente distribución en el componente como en la Figura 42:

    - Marcar la propiedad "Socket Active" para asegurar que el socket se encuentre operativo y listo para detectar y aceptar objetos XRGrabInteractable.

    - Configurar un "Interaction Layer Mask" para aceptar de manera exclusiva la capa (Layer) previamente asignada al termómetro.

    - Desmarcar la casilla "Match Interactor Rotation". Esta opción al desmarcarla, se garantiza que el termómetro, una vez anclado, adoptará la rotación exacta y predefinida por el Thermometer_AxillaSocket.

    - Establecer el parámetro "Anchor Transform" para que utilice la propia transformación de Thermometer_AxillaSocket como el punto de referencia y alineación para el anclaje del termómetro.

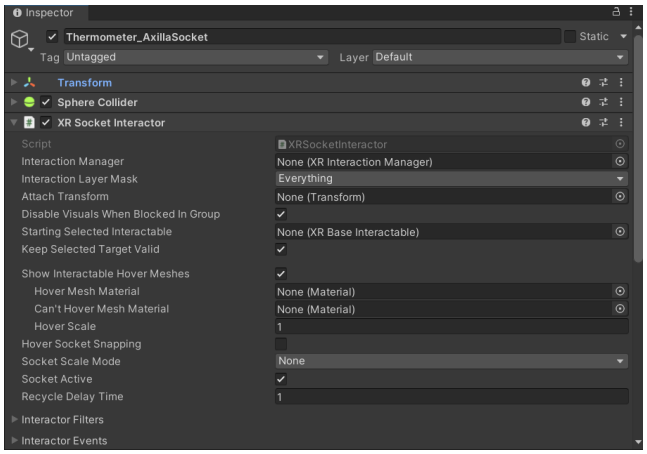



Figura 42 Configuración de socket de axila

### *b. Triggers y Eventos de Medición*

La lógica fundamental para la activación de las mediciones y la posterior visualización de los datos se implementa de manera programática, aprovechando los eventos

generados por el componente XRSocketInteractor. Este enfoque garantiza una respuesta precisa y sincronizada a las interacciones del usuario con el instrumento.

- ***Collider del Termómetro.*** Al GameObject principal del termómetro se le adosa un componente Collider, como Sphere Collider, el cual se configura como Is Trigger marcado, como muestra la Figura 43. Además, se le añade un Rigidbody con Is Kinematic marcado. Esta combinación es indispensable para permitir que el XRSocketInteractor detecte y gestione correctamente el termómetro como un objeto interactuable.

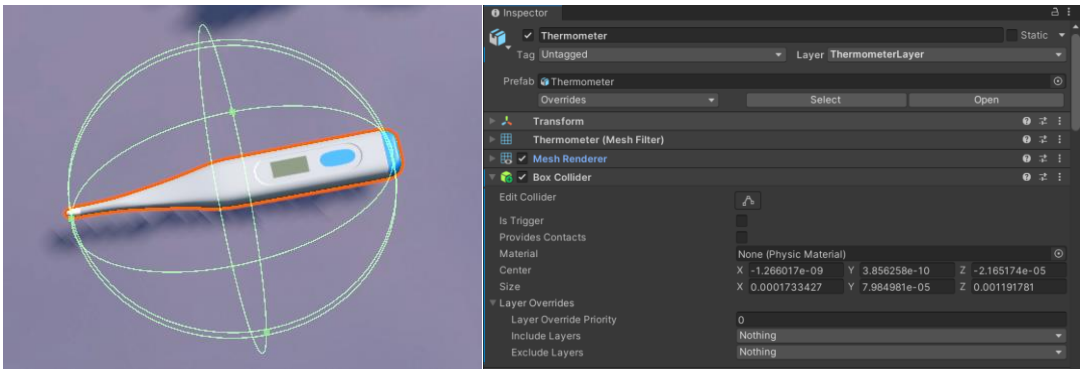



Figura 43 Colisionador trigger del termómetro

### 3.10.2 Medición de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca

La interacción del oxímetro con el paciente se ha diseñado siguiendo un patrón de anclaje similar al implementado para el termómetro, pero incorporando una animación específica del instrumento que añade realismo al proceso de medición.

#### *a. Punto de Medición*

Se define un punto de anclaje preciso y la orientación para la colocación del oxímetro en el dedo del paciente, asegurando una interacción anatómicamente correcta. Para la medición de la frecuencia cardiaca y la saturación de oxígeno con este instrumento el punto de referencia debe estar ubicado en el dedo índice del paciente como se muestra en la Figura 44.

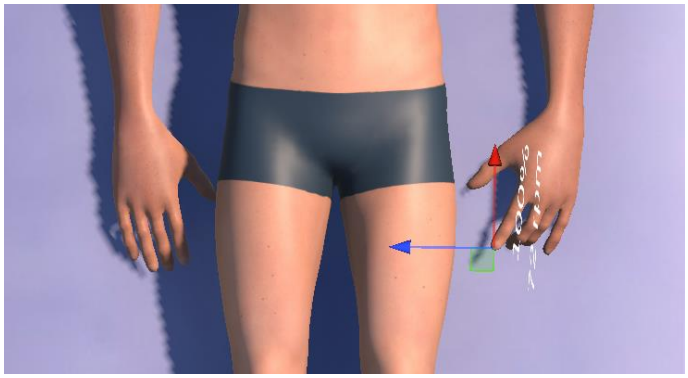


Figura 44 Punto de pivote de socket de oximetro

Para crear este punto se añade un GameObject vacío, posicionado y rotado con exactitud como hijo del modelo del paciente, es decir, como miembro de los objetos del objeto del paciente, lo que permite que el socket siga el movimiento del dedo.

- ***Collider del socket del dedo.*** Adjuntar un Sphere Collider configurado como Is Trigger (marcado). De esta forma este componente delimita el área de detección al de la Figura 45 para el oxímetro.

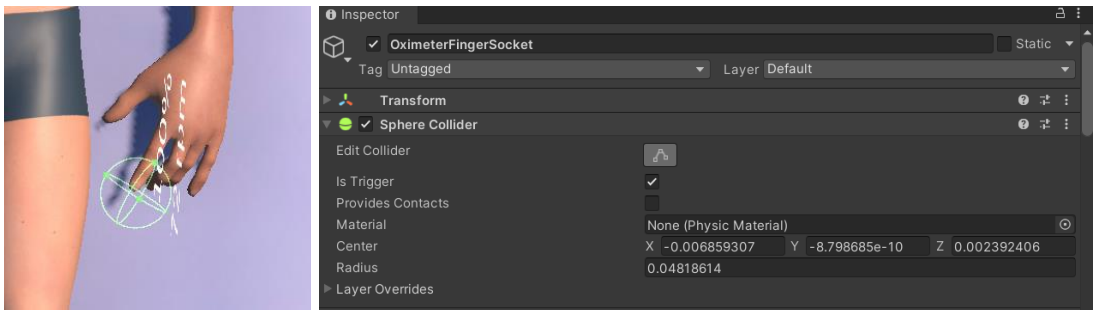



Figura 45 Colisionador modo trigger del oxímetro

- ***Socket de anclaje.*** Integrar este componente para gestionar la funcionalidad de anclaje automatizado el movimiento del objeto hacia el socket creado de la Figura 46. Para lograr esta interacción es necesario completar los parámetros del componente.

    - Marcar la casilla de “Socket Active”. Esta propiedad habilita el socket, permitiéndole detectar y aceptar objetos XRGrabInteractable.

    - Configurar el parámetro “Interaction Layer Mask” para que acepte exclusivamente la capa “OximeterLayer” asignada al oxímetro.

- Desmarcar la casilla “Match Interactor Rotation”. Al hacerlo, se asegura que el oxímetro, una vez anclado, adoptará la rotación exacta y predefinida por el OximeterFingerSocket.

- Establecer el parámetro “Anchor Transform” para que utilice la propia transformación de OximeterFingerSocket como el punto de referencia para el posicionamiento del oxímetro tras el anclaje.

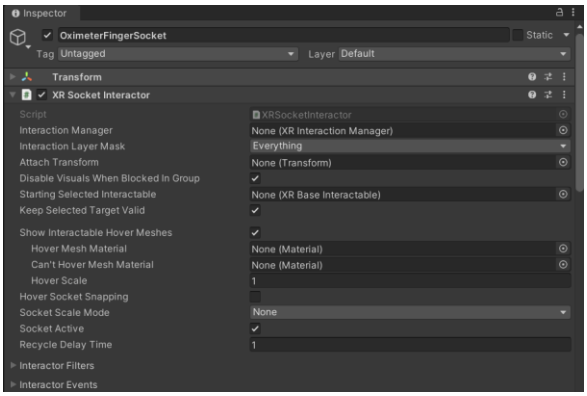



Figura 46 Configuración del socket del dedo

### *b. Triggers y Eventos de Medición*

La activación de la lógica de medición y la gestión de la visualización de los datos se orquestan a través de la suscripción y respuesta a los eventos generados por el XRSocketInteractor del oxímetro. Este sistema permite una interacción precisa y una retroalimentación inmediata al usuario.

- ***Collider de interacción.*** Al GameObject principal del oxímetro se le ha adosado un componente Box Collider, el cual se ha configurado como Is Trigger marcado. Adicionalmente, se ha incorporado un Rigidbody con la propiedad Is Kinematic marcada. Esta combinación es indispensable para que el XRSocketInteractor pueda detectar eficazmente el oxímetro y gestionar su interacción de anclaje de manera apropiada, resultando en la Figura 47.

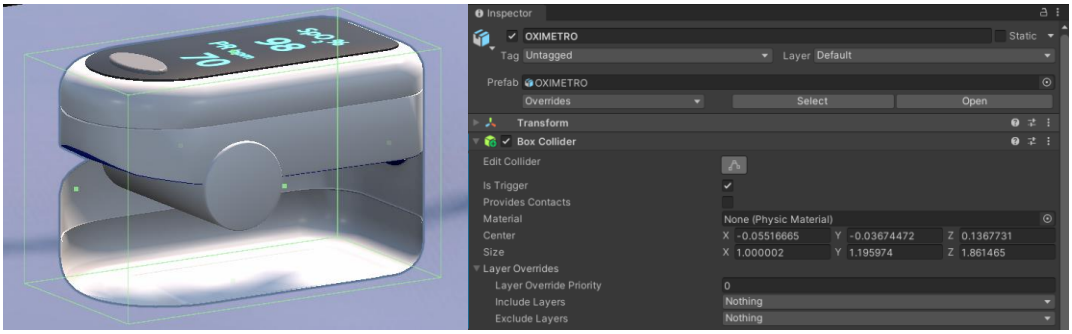



Figura 47 Colisionador modo trigger del oxímetro

### 3.10.3 Medición de presión arterial

La interacción del tensiómetro en la simulación implica un proceso complejo que abarca desde la acción de envolver el manguito alrededor del brazo del paciente hasta la simulación del inflado y desinflado del manómetro. Para ello, se integra un sistema de anclaje mediante XRSocketInteractor en conjunto con animaciones detalladas.

#### *a. Punto de Medición*

Se establecer el punto de anclaje anatómico y funcional en el antebrazo del paciente. Este socket está diseñado específicamente para recibir y posicionar de manera precisa el manguito del tensiómetro.



Figura 48 Punto de pivote de socket del brazo

Para crear este punto de referencia para el socket se realizan las modificaciones al objeto del puto de referencia de la Figura 48. De tal forma que se implementa como un GameObject vacío, cuya posición se define con alta precisión como hijo del brazo

del paciente. Esta ubicación garantiza que el anclaje se realice en el lugar clínicamente correcto para la toma de presión arterial.

- ***Adición de collider modo trigger.*** Un componente Capsule Collider se adjunta a ArmCuffSocket y se configura como Is Trigger (marcado) como el en la Figura 49. Este Collider delineará la zona de detección espacial, permitiendo que el manguito del tensiómetro sea reconocido al entrar en esta área.

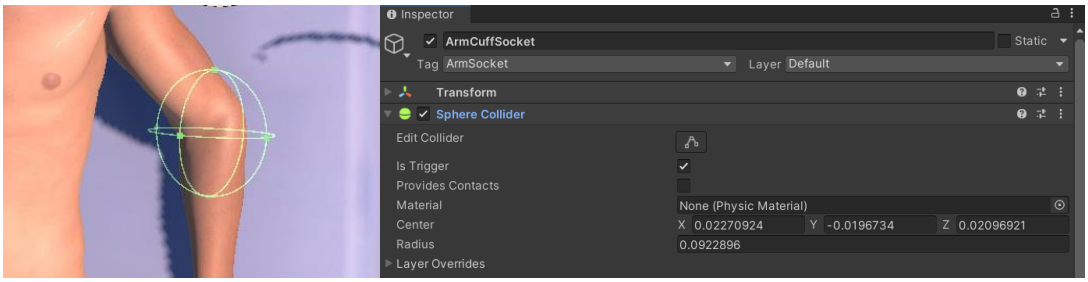



Figura 49 Colisionador modo trigger del brazo

- ***Adición del Socket de anclaje:*** Este componente resulta esencial para la gestión de la interacción de anclaje, automatizando el proceso de inserción del tensiómetro en el punto de medición. Configuramos el componente de la Figura 50 siguiendo los siguientes pasos:

  - Marcar la casilla de la propiedad “Socket Active” para asegurar que el socket se encuentre funcional y listo para detectar y aceptar objetos XRGrabInteractable.

  - Configurar la máscara del campo “Interaction Layer Mask” para aceptar de forma exclusiva la capa TensiometerInteractable previamente designada para los objetos interactuables del tensiómetro.

  - Desmarcar la opción “Match Interactor Rotation” para garantiza que el tensiómetro, una vez anclado, adoptará la orientación exacta y predefinida por el ArmCuffSocket.

  - Establecer el parámetro “Anchor Transform” para que utilice la propia transformación de ArmCuffSocket como el punto de referencia para la posición y rotación del tensiómetro tras su anclaje.

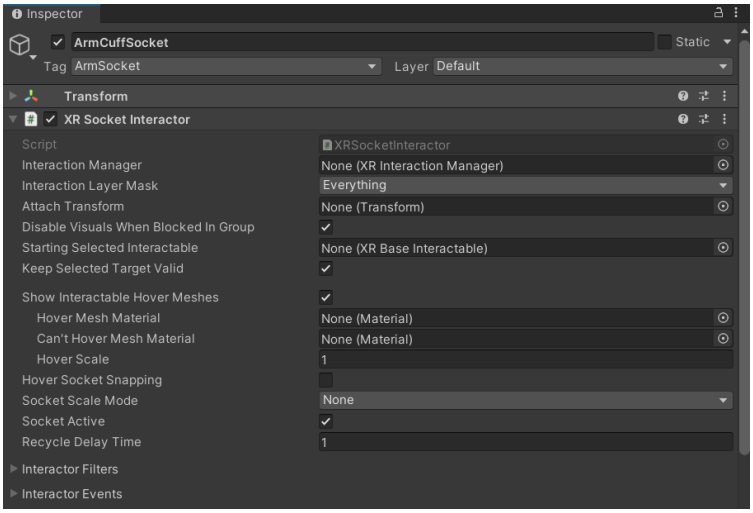



Figura 50 Configuración del socket del brazo

### 3.10.4 Auscultación de ruidos de Korotkoff

La integración del estetoscopio en la simulación médica se ha concebido para permitir al usuario auscultar sonidos corporales, específicamente los ruidos de Korotkoff durante la medición de la presión arterial. La particularidad de esta interacción reside en su anclaje al mismo punto del paciente que el tensiómetro, es decir, el antebrazo, requiriendo una gestión cuidadosa de las interacciones y los eventos.

#### *a. Punto de Auscultación*

El ArmCuffSocket no solo sirve como punto de anclaje para el tensiómetro, sino que también ha sido diseñado para funcionar como la ubicación principal donde el diafragma del estetoscopio debe ser posicionado para la auscultación de la Figura 48. Esta dualidad de propósito optimiza el número de puntos de interacción necesarios en el modelo del paciente.

La configuración del ArmCuffSocket se mantiene idéntica a la descrita para el tensiómetro en la Sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, con la adición crucial de su Interaction Layer Mask. Esta máscara debe configurarse para aceptar no solo la capa del tensiómetro (TensiometerInteractable), sino también una nueva capa específica para el estetoscopio (StethoscopeInteractable). Este ajuste es fundamental para permitir que ambos instrumentos puedan ser anclados, en momentos

distintos, al mismo punto del brazo del paciente, gestionando las interacciones de manera cohesiva y evitando conflictos. Se mantiene como un GameObject vacío y se mantiene la misma configuración como el tensiómetro en la Figura 50, con su Box Collider configurado en la Figura 51 como Is Trigger (marcado) y el XRSocketInteractor activo, asegurando la detección y anclaje correctos.

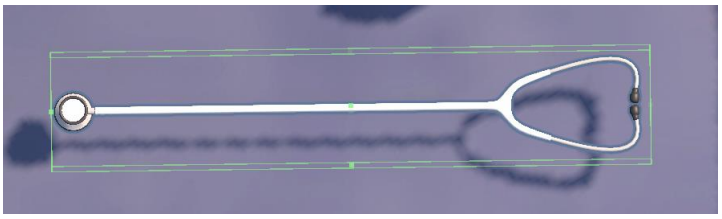


Figura 51 Estetoscopio con collider modo trigger

## 3.11 Animaciones

### 3.11.1 Animación de Apertura del Oxímetro (Oximetro_Open)

La animación Oximetro_Open se concibe con el fin de simular la acción mecánica de apertura del dispositivo, una condición indispensable para permitir al jugador virtual "colocar" el dedo del paciente dentro del instrumento. Este movimiento específico dota al oxímetro de una reactividad funcional, transformándolo de un objeto estático a una herramienta que responde activamente a la preparación para la medición. Nuestra intención es que esta secuencia visual comunique de manera inequívoca la disposición del instrumento para su uso.

- ***Funcionamiento.*** Esta animación se ha creado meticulosamente dentro del entorno de Unity, aprovechando el sistema Animator que se encuentra adjunto al GameObject principal del oxímetro (OXIMETRO, Figura 10). El proceso ha implicado animar con precisión las propiedades de rotación de las partes constituyentes del oxímetro, específicamente su sección superior (Top, Figura 52) alrededor de un eje de pivote cuidadosamente definido en el objeto Cylinder.001 (Figura 53). Este enfoque permite emular de forma convincente un mecanismo de bisagra, reproduciendo la cinemática de apertura de un oxímetro real.

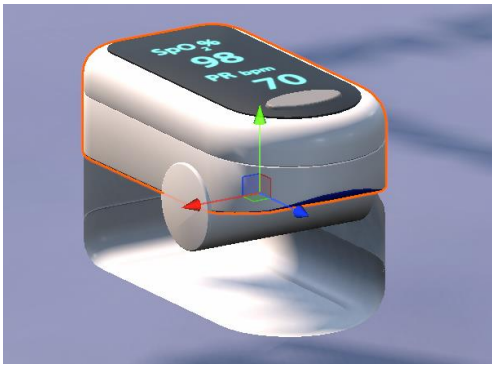



Figura 52 Top del oxímetro

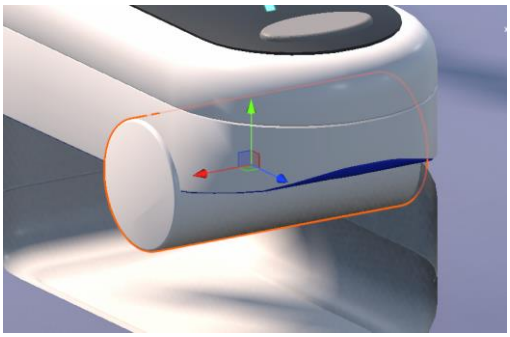


Figura 53 Eje de pivote de Cilinder.001

- ***Animator Controller (en OXIMETRO).*** El controlador Animator asociado al OXIMETRO que se muestra en la Figura 54, ha sido configurado para albergar un estado Idle, el cual se establece como el estado predeterminado de la capa base del animador. Se ha definido una transición directa desde este estado Idle hacia la animación Oximetro_Open. Es crucial destacar que esta transición ha sido configurada para operar sin condiciones de entrada, incorporando la propiedad Has Exit Time desmarcada y una Transition Duration mínima como se muestra en la Figura 55. Esta disposición facilita que la animación se active de manera programática e inmediata mediante una llamada de script, sin depender de parámetros complejos.

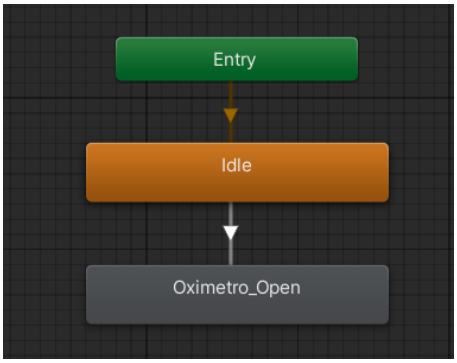



Figura 54 Controlador de animación del oxímetro

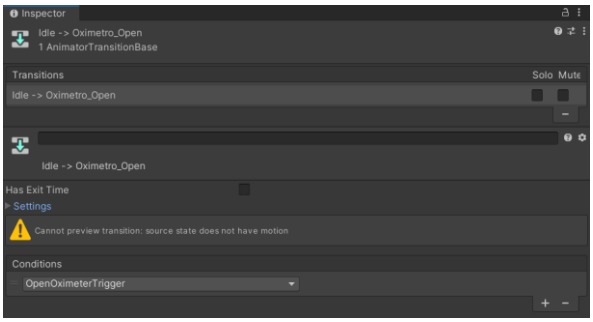



Figura 55 Inspector del controlador de animación

El clip de animación Oximetro_Open ha sido configurado específicamente con la propiedad Loop Time desmarcada en la ventana del inspector de la Figura 56. Esta decisión garantiza que la secuencia de apertura se reproduzca una única vez por cada activación, proporcionando una retroalimentación visual clara y no repetitiva, acorde con la naturaleza transitoria de la acción de abrir el dispositivo.

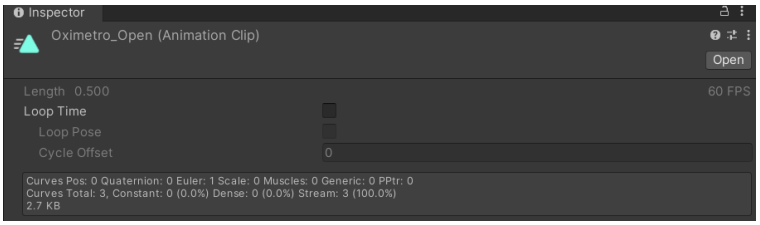



Figura 56 Inspector de animación de oxímetro

### 3.11.2 Animación "Envolverse en el Brazo" (Tensiometer_WrapAroundArm)

El tensiómetro, por su propia naturaleza y método de uso, demanda un conjunto de animaciones más elaborado, diseñado para simular de forma fidedigna el proceso de colocación del manguito y el subsiguiente ciclo de inflado y desinflado. Nuestra meta

ha sido encapsular estos momentos críticos de la medición en secuencias visuales que no solo informen, sino que también envuelvan al usuario en la experiencia clínica, dotando al instrumento de una reactividad que eleve la autenticidad de la simulación.

La animación Tensiometer_WrapAroundArm se ha diseñado con el propósito primordial de proporcionar una representación visual fidedigna y convincente de la acción del brazalete (Cuff, Figura 57) al ceñirse de forma ajustada alrededor del brazo del paciente. Este movimiento emula con precisión el proceso de preparación del instrumento para la toma de presión arterial, un paso fundamental que busca replicar la realidad clínica de manera inmersiva.

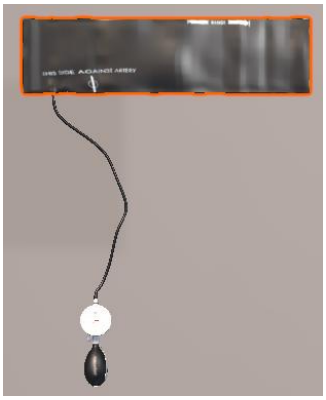


Figura 57 Brazalete Cuff del tensiómetro

- ***Funcionamiento.*** La implementación de esta animación se fundamenta en una etapa previa y crucial de rigging del modelo 3D, realizada en el software especializado de Blender. Durante este proceso, los componentes del manguito, incluyendo Cuff y Bladder, han sido meticulosamente asociados a un esqueleto articulado (Cuff_Armature) como muestra la Figura 58.

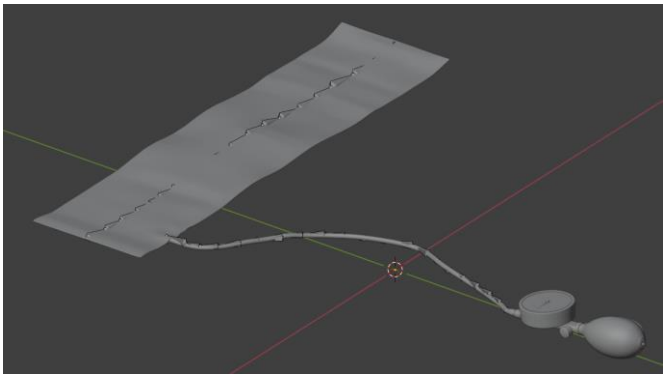


Figura 58 Tensiometro riggeado

Esta asociación es la que permite que la malla del manguito se deforme de manera suave y orgánica, adaptándose a la curvatura del brazo como en la Figura 59. La animación en sí ha sido creada directamente en Unity, donde se han manipulado las propiedades de transformación (posición y rotación) de los huesos del Cuff_Armature a lo largo de una línea de tiempo definida, con el fin de simular el movimiento de envoltura de manera fluida y creíble.

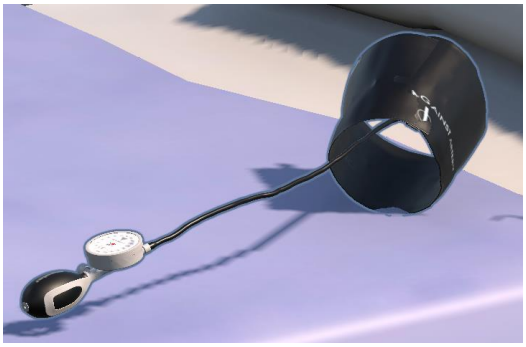


Figura 59 Animación del tensiómetro

- ***Animator Controller (en tensiometro_riggeado).*** El controlador tensiometro_riggeado.controller que se muestra en la Figura 60, asociado al GameObject principal del tensiómetro, contiene un estado Idle que ha sido establecido como el estado predeterminado. Se ha configurado una transición directa desde este estado Idle hacia la animación Tensiometer_WrapAroundArm. Es de vital importancia señalar que esta transición se ha definido sin condiciones de entrada, con la propiedad Has Exit Time marcada y una Transition Duration mínima como por ejemplo, 0 o 0.01 segundos. Esta configuración permite que la animación se active de forma

programática e inmediata mediante una llamada de script, garantizando una respuesta instantánea a la interacción del usuario.

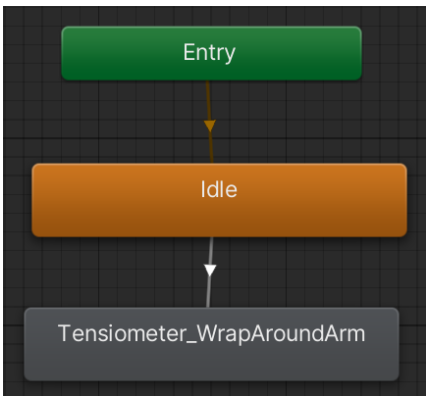



Figura 60 Controlador de animación del tensiómetro

El clip de animación Tensiometer_WrapAroundArm ha sido meticulosamente configurado en la ventana Project con la propiedad Loop Time desmarcada. Esta decisión de diseño es fundamental para asegurar que la secuencia de envoltura se reproduzca una única vez por cada activación, evitando repeticiones innecesarias y proporcionando una retroalimentación visual clara y concisa que acompaña la acción del usuario.

### 3.11.3 Animación " Asentamiento y Pulso " (Stethoscope_SettleAndPulse)

Para el estetoscopio, nuestra visión se centra en dotarlo de una sutil, pero significativa, retroalimentación visual al ser correctamente posicionado para la auscultación, trascendiendo la mera reproducción de audio. Buscamos conferir al instrumento una sensación de "activación" o "contacto" con el paciente, confirmando al usuario que la colocación ha sido precisa y que el proceso de escucha ha comenzado. Esta animación, aunque discreta, sería un esfuerzo consciente por enriquecer la inmersión y la percepción del tacto virtual.

La animación Stethoscope_SettleAndPulse se propone con el propósito de proporcionar una retroalimentación visual sutil, pero efectiva, al jugador en el momento en que el diafragma del estetoscopio es correctamente posicionado sobre el punto de auscultación en el paciente de la Figura 61. Esta secuencia animada busca simular una ligera compresión o "asentamiento" del diafragma contra la piel, seguido

de una pequeña vibración o "pulso" visual que indique la detección activa de sonidos corporales. Nuestra intención es reforzar la sensación de contacto y la funcionalidad del instrumento sin recurrir a movimientos exagerados.

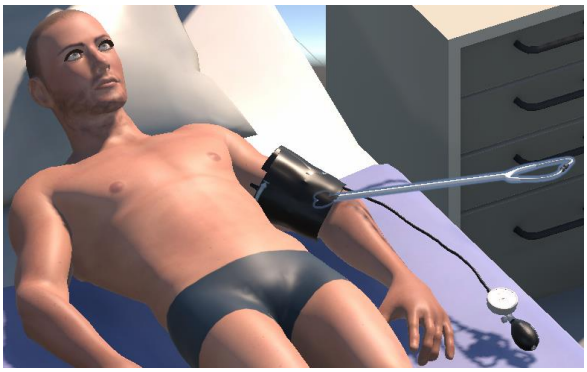


Figura 61 Animación del estetoscopio

- ***Funcionamiento.*** Configuración y Creación Propuesta: Para lograr esta animación, se requeriría que el modelo 3D del estetoscopio (Stethoscope) estuviera segmentado, o idealmente, riggeado en un software 3D previamente como se muestra en la Figura 18. Un esqueleto simple que incluya huesos para el diafragma y, opcionalmente, para las secciones más flexibles de los tubos, permitiría una deformación orgánica como se muestra en la Figura 62. La animación se crearía en Unity manipulando la ubicación y rotación de estos huesos o las propiedades de Transform de las partes relevantes cuando el estetoscopio es anclado al ArmCuffSocket. Se buscaría una duración muy corta, de apenas uno o dos segundos, para la fase de asentamiento, seguida de un pulso rítmico que podría sincronizarse con la reproducción de audio de los sonidos de Korotkoff.



Figura 62 Animación del estetoscopio

- ***Animator Controller (en Stethoscope).*** Se adjuntaría un Animator Controller al GameObject principal del Stethoscope. Este controlador contendría un estado Idle como predeterminado. Se establecería una transición directa desde Idle hacia la animación propuesta Stethoscope_SettleAndPulse, configurada sin condiciones de entrada, con Has Exit Time marcado y una Transition Duration mínima. Esto permitiría la activación programática directa de la animación mediante un script.

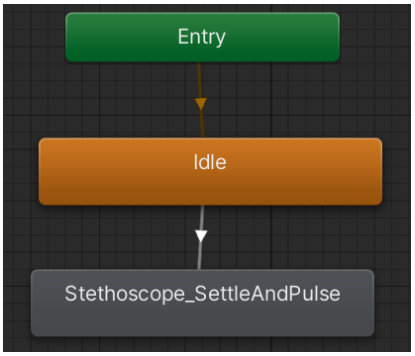



Figura 63 Controlador de animación del estetoscopio

El clip de animación Stethoscope_SettleAndPulse se configuraría en la ventana Project. La fase de "asentamiento" tendría Loop Time desmarcado, reproduciéndose una sola vez. La fase de "pulso", si es continua, podría configurarse con un Loop Time marcado para que se repita mientras el estetoscopio esté anclado, o se manejaría con una corrutina en el script para mayor control.

## 3.12 Control de Animaciones e Interacciones por programación

La funcionalidad de las animaciones y la lógica interactiva de cada instrumento se orquesta a través de scripts personalizados, diseñados con precisión para reaccionar a las interacciones del usuario y al estado de los dispositivos. Estos controladores actúan como el cerebro detrás de cada acción, gestionando la activación de las secuencias animadas, la visibilidad de las interfaces de usuario (Canvas) y la interactividad de los objetos en el entorno virtual.

### 3.12.1 Control y Visualización para el Oxímetro

La interacción del oxímetro se ha concebido para ofrecer una experiencia fluida y visualmente gratificante, donde el control programático de las animaciones y la

interfaz de usuario se entrelazan para simular un proceso de medición realista. Hemos puesto especial atención en que el dispositivo reaccione de forma intuitiva al ser manipulado y anclado, proporcionando retroalimentación visual y numérica. Ello requiere una coordinación entre el *Animator* del objeto 3D y el *Canvas* que muestra los resultados, todo ello mediado por scripts diseñados para este fin específico.

### *a. Script de Control (OximeterSocketHandler.cs)*

El script OximeterSocketHandler.cs se ha diseñado con la misión específica de gobernar la interacción del oxímetro una vez que es anclado al dedo del paciente. Su arquitectura se fundamenta en la escucha activa de los eventos generados por el XRGrabInteractable del oxímetro, lo cual permite una respuesta precisa y contextualizada a la manipulación del usuario. Al detectar que el oxímetro ha sido exitosamente "seleccionado" por un XRSocketInteractor (es decir, anclado al dedo), el script procede a ejecutar una serie de acciones coordinadas que incluyen la activación visual de su Canvas de lectura, la reproducción de la animación de apertura del dispositivo y el inicio de la secuencia de medición de SpO2 y PR.

- ***Suscripción a Eventos.*** El script se suscribe principalmente al evento selectEntered del XRGrabInteractable del oxímetro. Este evento es el pilar para identificar el momento exacto en que el dispositivo se ancla al XRSocketInteractor del dedo, sirviendo como la señal para iniciar el protocolo de medición. Esto se logra mediante la adición de una función de escucha al evento, como se ilustra en la Figura 64.

```
oximeterGrabInteractable.selectEntered.AddListener(OnOximeterSocketed);
```

Figura 64 Función de escucha de socket del oxímetro

- ***Activación de la Animación.*** Al detectar el anclaje, el script invoca directamente al Animator del oxímetro (oximeterAnimator), utilizando el método “Play("Oximetro_Open")”. Este comando fuerza la reproducción de la animación de apertura del oxímetro sin depender de parámetros o transiciones complejas en el “Animator Controller”, asegurando una respuesta inmediata y una experiencia visual fluida para el usuario, tal como se muestra en la línea de código de la Figura 65.

```
oximeterAnimator.Play("Oximetro_Open");
```

Figura 65 Método para llamar al animator del oximetro

- ***Gestión del Canvas de UI.*** El script asume la responsabilidad de controlar la visibilidad del OximeterDisplayCanvas, el cual actúa como la interfaz de usuario para las lecturas. En el momento preciso del anclaje, este Canvas es activado mediante la instrucción oximeterDisplayCanvas.SetActive(true), lo que hace visibles las lecturas de SpO2 y PR al usuario. Posteriormente, al desanclarse el oxímetro, evento manejado por selectExited, el Canvas es ocultado nuevamente (oximeterDisplayCanvas.SetActive(false)), manteniendo la interfaz de usuario limpia y contextual, reflejando el ciclo de uso del instrumento. La lógica de gestión de la visibilidad se implementa como en la Figura 66.

```
oximeterDisplayCanvas.SetActive(true); // Activar el Canvas al anclarse
// ... (otros procesos de medición) ...
// En el método de desanclaje (OnOximeterDeselected, por ejemplo):
 oximeterDisplayCanvas.SetActive(false); // Desactivar el Canvas al desanclarse
```

Figura 66 Gestión de control de canvas del oximetro

### *b. Script de Control (OximeterDisplayController.cs)*

Este script se adjunta directamente al GameObject principal del oxímetro y es el encargado de la lógica avanzada para la visualización de datos en el Canvas. Su función principal es simular el proceso de obtención de lecturas de SpO2 y PR, presentándolas de forma incremental y aplicando formatos visuales que realzan la fidelidad clínica. Este componente trabaja en conjunto con el OximeterSocketHandler.cs para activar y desactivar su comportamiento de visualización, proporcionando una retroalimentación numérica esencial para el entrenamiento.

En este script se implementan algoritmos que generen valores aleatorios de saturación de oxígeno (SpO2) dentro de un rango predefinido y de frecuencia de pulso (PR),

simulando la variabilidad clínica y la aleatoriedad de las lecturas reales. Esto dota a cada medición de un carácter único y menos predecible.

Una vez iniciada la medición se aplica una lógica condicional para asignar colores específicos al texto de las lecturas, basándose en rangos clínicos predefinidos. Por ejemplo, para SpO2: verde para valores normales, naranja para hipoxia leve y rojo para hipoxemia severa como se ve en la Tabla 16. Para PR: morado para bradicardia, verde para frecuencia normal y naranja para taquicardia, como se ve en la Figura 67. Este feedback visual instantáneo es crucial para el entrenamiento.

Tabla 16 Rango de valores de saturación de oxigeno

| Valor | Estado | Color |
|---|---|---|
| 95 % - 99 % | Normal | Verde |
| 91 % - 94 % | Hipoxia leve | Amarillo |
| 86 % - 90 % | Hipoxia moderada | Rojo |
| < 86 % | Hipoxia severa | Rojo |

Una vez que las lecturas alcanzan sus valores definitivos y estables, el texto de ambos valores parpadea en color azul un número predeterminado de veces. Esto sirve como una confirmación visual clara de la finalización de la medición, indicando que los datos mostrados son los resultados finales y fiables.

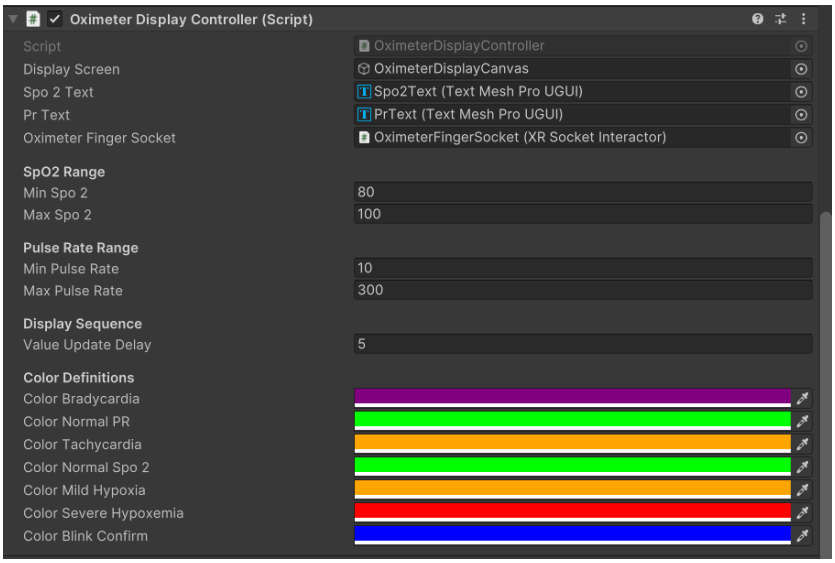



Figura 67 Configuración de script OximeterDisplayController

### *c. Canvas de Medición (OximeterDisplayCanvas)*

El OximeterDisplayCanvas ha sido diseñado como la interfaz visual primordial para la presentación de los datos de SpO2 y PR. Su configuración en *World Space* es fundamental para que se integre de forma natural en el entorno 3D, apareciendo directamente sobre la pantalla virtual del oxímetro y proporcionando una lectura inmersiva. Este lienzo digital es el vehículo a través del cual el jugador recibe la información vital sobre el estado del paciente.

Su propósito es mostrar de forma visual y clara las lecturas de saturación de oxígeno (SpO2) y frecuencia de pulso (PR) como se observa en la , proporcionando una interfaz esencial para el monitoreo de los signos vitales simulados. Su diseño se enfoca en la legibilidad y la inmediatez de la información.

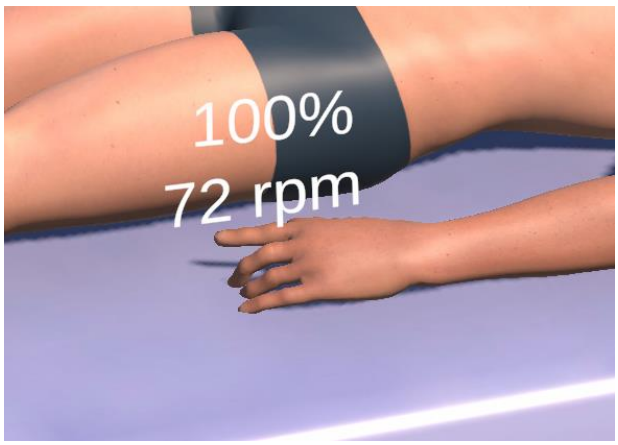



Figura 68 Canvas del oxímetro

## 3.12.2 Control y Visualización para el Tensiómetro

El tensiómetro, dada la complejidad de su uso clínico, requiere una orquestación precisa de animaciones 3D y una interfaz de usuario dinámica para simular el ciclo de medición de la presión arterial. La implementación programática busca sincronizar el movimiento del manguito con la representación visual del manómetro, creando una experiencia inmersiva que guía al usuario a través de cada fase del procedimiento. Ello se logra mediante un script principal que coordina tanto las animaciones del modelo 3D como la activación y control de un Canvas flotante.

### *a. Script de Control (TensiometerSocketHandler.cs)*

El script TensiometerSocketHandler.cs asume el rol de controlador principal para las interacciones complejas del tensiómetro, orquestando no solo el anclaje del instrumento al brazo del paciente, sino también la sincronización de múltiples animaciones y la gestión de la interfaz de usuario. Su diseño considera la necesidad de una respuesta precisa y una retroalimentación visual completa al usuario durante el proceso de toma de presión arterial. La arquitectura del script permite una gestión fluida de los estados del tensiómetro, desde su manipulación inicial hasta su fase de medición anclada.

- ***Suscripción a Eventos.*** Este script se basa en la suscripción al evento selectEntered del XRGrabInteractable del tensiometro_riggeado. Este evento es el disparador crucial que confirma que el tensiómetro ha sido soltado y aceptado por un XRSocketInteractor, es decir, el ArmCuffSocket en el brazo del paciente, indicando el momento exacto para iniciar el protocolo de medición. Complementariamente, se suscribe a selectExited para gestionar el desanclaje y el reinicio de estados, tal como se implementa en la Figura 69.

```
tensiometerGrabInteractable.selectEntered.AddListener(OnTensiometerSelected);
tensiometerGrabInteractable.selectExited.AddListener(OnTensiometerDeselected);
```

Figura 69 Función de escucha de socket del tensiómetro

- ***Activación de Animaciones 3D.*** Una vez detectado el anclaje exitoso, el script procede a activar la animación Tensiometer_WrapAroundArm directamente sobre el Animator del tensiometro_riggeado. Se emplea el comando tensiometerAnimator.Play(wrapArmAnimationStateName), lo que garantiza que la secuencia de envoltura del manguito se reproduzca de forma inmediata y sin transiciones condicionales preestablecidas en el Animator Controller, como se muestra en la Figura 70.

```
tensiometerAnimator.Play(wrapArmAnimationStateName);
```

Figura 70 Método para llamar al animator del tensiómetro

- ***Control de la Interacción.*** Para asegurar que el tensiómetro no sea retirado accidentalmente durante la medición, el script modifica la Interaction Layer Mask del XRGrabInteractable a InteractionLayerMask.GetMask("Nothing") al momento del anclaje, impidiendo así que los interactores de mano puedan seleccionarlo. Al desanclarse, esta máscara se restablece, permitiendo que el tensiómetro vuelva a ser agarrable y manipulable por el jugador, completando el ciclo de interacción. Este comportamiento se implementa con los comandos de la Figura 71.

```
tensiometerGrabInteractable.interactionLayers = InteractionLayerMask.GetMask("Nothing");
// ...
tensiometerGrabInteractable.interactionLayers = InteractionLayerMask.GetMask("Default");
```

Figura 71 Gestión de control de interacción del tensiómetro

### *b. Script de Control (TensiometerMeasurementController.cs)*

Este script se encarga de la lógica interna de simulación de la medición de la presión arterial, generando y actualizando los valores numéricos que se muestran en el TensiometerDisplayCanvas. Similar al OximeterDisplayController.cs, su función es proporcionar una secuencia incremental y validada de lecturas que refleje un proceso clínico realista, humanizando la retroalimentación al usuario.

Para esto se implementan algoritmos para generar valores aleatorios de presión sistólica y diastólica dentro de rangos clínicos realistas, por ejemplo 90−180 mmHg para sistólica y 60−120 mmHg para diastólica. Se asegura que la presión sistólica siempre sea mayor que la diastólica.

Dentro de una secuencia de descenso, se programa la simulación de la "detección" de los ruidos de Korotkoff a ciertos umbrales de presión, actualizando el TextMeshProUGUI con los valores sistólico y diastólico correspondientes cuando la aguja del manómetro pasa por esos puntos con las configuraciones programadas.

Al alcanzar los valores finales de presión, hacer que el texto de las lecturas parpadee varias veces para indicar que la medición ha concluido y los resultados son estables, similar al comportamiento del oxímetro.Canvas de Medición Numérica (TensiometerDisplayCanvas)

En complemento a la simulación visual del manómetro, se ha implementado un Canvas dedicado a la presentación de las lecturas numéricas de la presión arterial (sistólica y diastólica). Este componente de interfaz de usuario es crucial para proporcionar al usuario los datos concretos de la medición en un formato claro y legible, replicando la información que se obtendría de un tensiómetro digital o analógico tras la auscultación. Su diseño se enfoca en la legibilidad y la inmediatez de la información.

Su propósito es mostrar de forma visual y precisa las lecturas numéricas de la presión arterial sistólica y diastólica como muestra la Figura 72. Este Canvas sirve como el display digital del tensiómetro, crucial para el registro y análisis de los resultados.

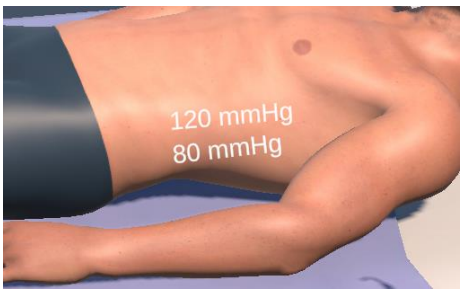



Figura 72 Canvas del Tensiómetro

### 3.12.3 Control y Visualización para el Estetoscopio

La simulación de la auscultación con el estetoscopio se ha concebido para trascender la mera reproducción de audio, incorporando una retroalimentación visual significativa que confirma la interacción y el proceso de escucha. Ello implica un script de control dedicado que no solo active la animación propuesta del instrumento, sino que también gestione la reproducción de los sonidos y, de manera crucial, visualice los resultados o patrones de los ruidos de Korotkoff a través de un Canvas dedicado. Buscamos que el usuario sienta una conexión tangible con el paciente al auscultar.

### *a. Script de Control (StethoscopeInteractionController.cs)*

Para el estetoscopio, se propone un script StethoscopeInteractionController.cs encargado de gestionar la lógica de auscultación y la retroalimentación visual y auditiva asociada. Este controlador buscará dotar al estetoscopio de una interactividad contextual, permitiendo al usuario realizar una auscultación simulada con retroalimentación precisa. Su implementación se alinearía con la filosofía de control directo de animaciones y gestión de estado.

- ***Suscripción a Eventos.*** Similar a los otros instrumentos, este script se suscribiría al evento selectEntered del XRGrabInteractable del estetoscopio. Al detectar que el estetoscopio ha sido anclado por un XRSocketInteractor (en el ArmCuffSocket o un Socket específico para la auscultación torácica, si se expande la funcionalidad), se desencadenaría la lógica de auscultación. La lógica de suscripción sería el comando de la Figura 73.

```
stethoscopeGrabInteractable.selectEntered.AddListener(OnStethoscopeSocketed);
```

Figura 73 Función de escucha de socket del estetoscopio

- ***Activación de la Animación.*** Al anclarse correctamente, el script activaría la animación Stethoscope_SettleAndPulse. Se emplearía stethoscopeAnimator.Play("Stethoscope_SettleAndPulse"); para iniciar esta secuencia que simula el asentamiento y la pulsación del diafragma, ofreciendo una retroalimentación visual de contacto efectivo. Un ejemplo sería el comando de la Figura 74.

```
stethoscopeAnimator.Play("Stethoscope_SettleAndPulse");
```

Figura 74 Método para llamar al animator del estetoscopio

- ***Control de Audio (Core de Auscultación).*** El aspecto más crítico de este script es la gestión de la reproducción de audio. Tras la activación visual, el script iniciara la reproducción de clips de audio pregrabados de los ruidos de Korotkoff. Esto se haría accediendo a un componente AudioSource en el estetoscopio y gestionando la

reproducción de los clips de forma secuencial y temporizada mediante corrutinas, como se ilustraría en la Figura 75.

```
// Ejemplo dentro de una corrutina en StethoscopeInteractionController
// private AudioSource audioSource;
// public AudioClip korotkoffSound1;
// ...
// audioSource.PlayOneShot(korotkoffSound1);
// yield return new WaitForSeconds(delayBetweenSounds);
```

Figura 75 Corrutina para reproducción del audio del estetoscopio

### *b. Script de Control (StethoscopeMeasurementController.cs)*

Este script se encargaría de la lógica interna de la auscultación simulada, generando y procesando los datos para su visualización en el StethoscopeVisualizerCanvas. Su función es simular la detección de ruidos (como los de Korotkoff) y derivar métricas (como la frecuencia cardíaca), proporcionando una retroalimentación precisa al usuario.

En este script se implementa una lógica para simular la detección de patrones de sonido o pulsos. Esto podría ser la generación de valores de frecuencia cardíaca aleatorios dentro de un rango normal, por ejemplos 60−100 BPM, y la simulación de la detección de ruidos de Korotkoff para derivar presiones sistólica y diastólica.

Además se actualizan los componentes TextMeshProUGUI del StethoscopeVisualizerCanvas con los resultados numéricos de la auscultación y se asegura la actualización de los datos visuales y numéricos en el Canvas para que se sincronice con la reproducción del audio de auscultación gestionado por el StethoscopeInteractionController.cs.

Al finalizar la secuencia de auscultación (o al detectar una lectura estable), hacer que los resultados numéricos en el Canvas parpadeen para confirmar la obtención de la medición, siguiendo un patrón similar a los otros instrumentos. Podemos apreciar la configuración de la programación de este script en la Figura 76.

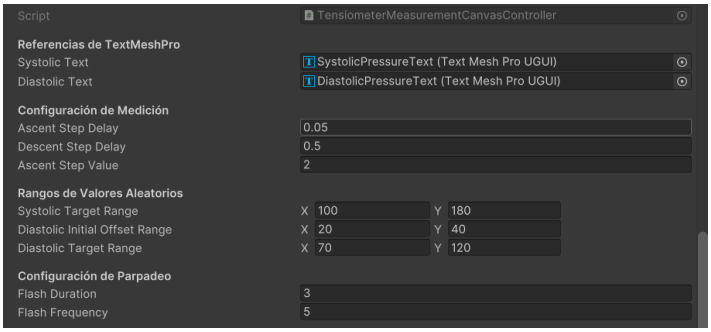



Figura 76 Configuración del script StethoscopeMeasurementController.cs

## 3.13 Funcionamiento del Simulador en la Medición de Signos Vitales

Al examinar el comportamiento del simulador, se puede observar cómo cada interacción se desenvuelve de manera fluida, replicando con fidelidad los procesos de medición de signos vitales. El sistema ha sido concebido para guiar al usuario a través de una secuencia lógica de acciones y respuestas, donde cada instrumento reacciona de forma autónoma al ser manipulado y posicionado. El objetivo primordial es ofrecer una experiencia inmersiva que permita al practicante comprender la dinámica de la toma de datos clínicos en un entorno virtual, facilitando el aprendizaje procedimental mediante una retroalimentación clara y contextualizada que emula la práctica real.

### 3.13.1 Funcionamiento de la Medición de Temperatura

La operación del termómetro en el simulador se desenvuelve como un proceso intuitivo de contacto y lectura, diseñado para reflejar la simplicidad de la medición de temperatura corporal en la práctica clínica. Al interactuar con este instrumento, se busca que el usuario experimente una secuencia lógica que va desde la manipulación inicial hasta la obtención de un resultado claro, todo ello sin la complejidad de componentes móviles o animaciones de deformación del propio dispositivo. El enfoque se centra en la representación numérica y la retroalimentación visual directa de la lectura.

Cuando el usuario procede a manipular el termómetro en el entorno virtual, se permite agarrar el dispositivo y posicionarlo con precisión en el punto de medición anatómico designado, específicamente en la axila del paciente. Al colocar el termómetro en este

lugar, el sistema detecta su posicionamiento correcto, lo cual desencadena la fase de medición. En ese instante, el termómetro virtual se ancla de forma automática y precisa al paciente, adoptando la orientación adecuada para una toma de temperatura fidedigna, quedando inmovilizado y preparado para el registro de datos como se ve en la Figura 77.




Figura 77 Medición de temperatura

Una vez que el termómetro se encuentra anclado y el proceso de medición se ha iniciado, se observa cómo un Canvas digital, que representa la pantalla del dispositivo, se activa y se hace visible. En esta pantalla, se empieza a simular un incremento gradual de la temperatura, con valores que van ascendiendo progresivamente desde un punto inicial hasta alcanzar una lectura final aleatoria pero plausible dentro de un rango clínico predefinido. Estos valores se actualizan a intervalos regulares, emulando la progresión que se esperaría de un termómetro digital real. Al finalizar esta secuencia y estabilizarse la lectura, el texto numérico en el Canvas parpadea, sirviendo como una confirmación visual inequívoca de que la medición ha concluido y el resultado es fiable para su interpretación. Durante todo este proceso, la capacidad de manipular el termómetro permanece deshabilitada, garantizando que la lectura no sea interrumpida accidentalmente.

### 3.13.2 Funcionamiento de la Medición de Oxigenación y Frecuencia Cardiaca

La operación del oxímetro en el simulador despliega una experiencia de medición de oxigenación que va más allá de la mera presentación de números. Involucra una interacción dinámica que comienza con la preparación del instrumento y culmina con la visualización de resultados clave. El flujo de acciones está diseñado para imitar fielmente el uso clínico del dispositivo, desde su manipulación física hasta la

interpretación de sus datos, añadiendo un componente visual de autenticidad que enriquece la inmersión del usuario.

El proceso inicia al manipular el oxímetro en el entorno virtual, permitiendo al usuario agarrarlo y posicionarlo. Una vez que el oxímetro es llevado hacia el dedo del paciente y se detecta su colocación correcta, el sistema procede a anclarlo de forma precisa al OximeterFingerSocket en el modelo del paciente. Es en este punto cuando se activa una animación que simula la apertura mecánica del oxímetro, con sus partes móviles girando para indicar que el dispositivo está listo para la medición. Este movimiento visual es fundamental para confirmar al usuario la correcta preparación del instrumento antes de que el proceso de lectura comience a desarrollarse, como se ve en la Figura 78.

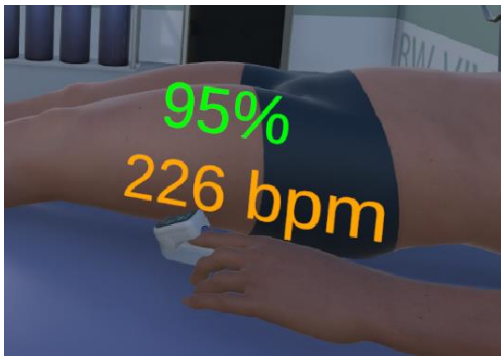



Figura 78 Medición de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca

Al anclarse el oxímetro y activarse la animación de apertura, un Canvas digital, representando la pantalla del dispositivo, se hace visible en el entorno virtual. En esta interfaz, se inicia un proceso de simulación de lectura de saturación de oxígeno (SpO2) y frecuencia de pulso (PR). El Canvas muestra valores que se generan aleatoriamente dentro de rangos clínicos realistas, presentándose de forma incremental y estabilizándose progresivamente. Estos valores se muestran con una codificación de color por rangos (ej., verde para valores normales, rojo para situaciones críticas), lo cual facilita la interpretación inmediata de los datos. Al finalizar la simulación de la medición, los valores parpadean en un color distintivo para confirmar la estabilidad de la lectura, ofreciendo una retroalimentación completa y didáctica al usuario.

### 3.13.3 Funcionamiento de la Medición de Presión Arterial

El funcionamiento del tensiómetro en el simulador representa un proceso multifacético que abarca desde la preparación física del instrumento hasta la obtención de lecturas complejas de presión arterial. La experiencia busca una sincronización perfecta entre las animaciones tridimensionales del manguito, la representación dinámica del manómetro y la presentación numérica de los valores de presión, guiando al usuario a través de cada fase del procedimiento clínico con una inmersión notable.

El proceso se inicia al manipular el tensiómetro, permitiendo al usuario agarrar el instrumento. Al llevar el tensiómetro hacia el antebrazo del paciente y soltarlo en el punto de anclaje, el sistema lo posiciona de manera automática y precisa. En ese instante, se desencadena una animación que simula el manguito envolviendo el brazo del paciente de forma orgánica y realista, replicando el proceso de colocación en la práctica clínica. Este movimiento es crucial para establecer la credibilidad de la interacción, confirmando al usuario la correcta preparación para la medición, como se ve en la Figura 79.

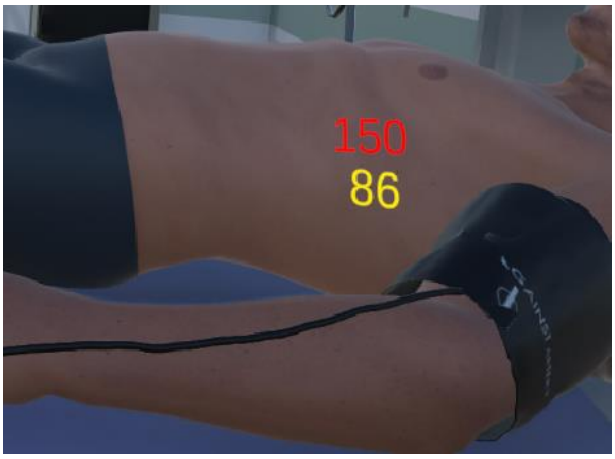



Figura 79 Medición de la presión arterial

Una vez que el tensiómetro se encuentra anclado y la animación del manguito ha comenzado, se activan de forma simultánea dos elementos visuales en Canvas para proporcionar una retroalimentación completa. Por un lado, un Canvas animado reproduce el movimiento de la aguja de un manómetro, simulando el ciclo de inflado (aguja que sube) y desinflado (aguja que desciende), lo cual ofrece una representación

dinámica del cambio de presión. Paralelamente, un segundo Canvas numérico se activa, mostrando las lecturas de presión arterial sistólica y diastólica. Estos valores se simulan ascendiendo y descendiendo progresivamente, emulando la "detección" de los ruidos de Korotkoff a umbrales de presión específicos para mostrar los valores finales. Ambos Canvas se activan y desactivan en perfecta sincronía con el anclaje y desanclaje del tensiómetro, proporcionando una experiencia visual y numérica coherente que guía al usuario a través del complejo proceso de medición.

### 3.13.4 Funcionamiento de la Auscultación con el Estetoscopio

El funcionamiento del estetoscopio en el simulador ha sido concebido para ir más allá de la mera reproducción de sonidos, ofreciendo una experiencia de auscultación inmersiva que incluye una confirmación visual de la interacción y de los resultados. Aunque su anclaje se produce en el mismo punto del brazo que el tensiómetro, la lógica de interacción y la presentación de información se adaptan específicamente a la naturaleza de la auscultación, buscando replicar la sutileza de la detección de sonidos corporales. Este enfoque busca que el usuario perciba una conexión tangible con el paciente al realizar la auscultación.

Al manipular el estetoscopio, el usuario puede agarrarlo y posicionarlo. Cuando el diafragma del estetoscopio es colocado sobre el punto de auscultación en el antebrazo del paciente, se ancla de manera precisa al ArmCuffSocket compartido. En ese momento, una animación sutil se activa en el estetoscopio, simulando un ligero "asentamiento" o compresión del diafragma contra la piel y una pequeña "pulsación" que indica el contacto efectivo y la detección de actividad interna. Este movimiento visual es fundamental para confirmar al usuario que la colocación ha sido correcta y que el proceso de escucha ha comenzado, como muestra anteriormente la Figura 62.

Una vez anclado y activada su animación de asentamiento, se despliega un Canvas flotante dedicado a complementar la retroalimentación auditiva esencial del estetoscopio. Este Canvas tiene la función de visualizar métricas derivadas de la auscultación, como la frecuencia cardíaca en latidos por minuto (BPM), y opcionalmente, mostrar una representación gráfica de las ondas sonoras o pulsos detectados. Simultáneamente, el sistema procede a reproducir clips de audio

pregrabados de los ruidos de Korotkoff o sonidos cardíacos/pulmonares, sincronizando esta reproducción con las actualizaciones visuales en el Canvas. La presencia de este Canvas eleva la experiencia de auscultación, transformándola de una interacción puramente auditiva a una que también proporciona un componente visual de apoyo, crucial para el análisis, la interpretación y el entrenamiento en un entorno simulado.

## 3.14 Validación del Simulador en estudiantes de enfermería

El proceso de validación del simulador consistió en comprobar la efectividad y pertinencia de la herramienta desarrollada, buscando evaluar su usabilidad, realismo y capacidad pedagógica. El objetivo principal fue garantizar que este entorno virtual pudiera complementar de manera efectiva la formación de los futuros profesionales de enfermería en la adquisición de sus competencias clínicas.

Para llevar a cabo esta validación, se procedió a diseñar y aplicar una metodología de pruebas práctica y sistemática. Esta metodología implicó someter el simulador a la evaluación directa de un grupo de estudiantes de enfermería. Ellos tuvieron la oportunidad de participar activamente en sesiones de simulación específicamente preparadas. Durante estas sesiones, los estudiantes pudieron interactuar con el tensiómetro virtual y el paciente simulado, ejecutar los procedimientos de medición de la presión arterial y experimentar de primera mano todas las interacciones programadas dentro del entorno de realidad virtual.

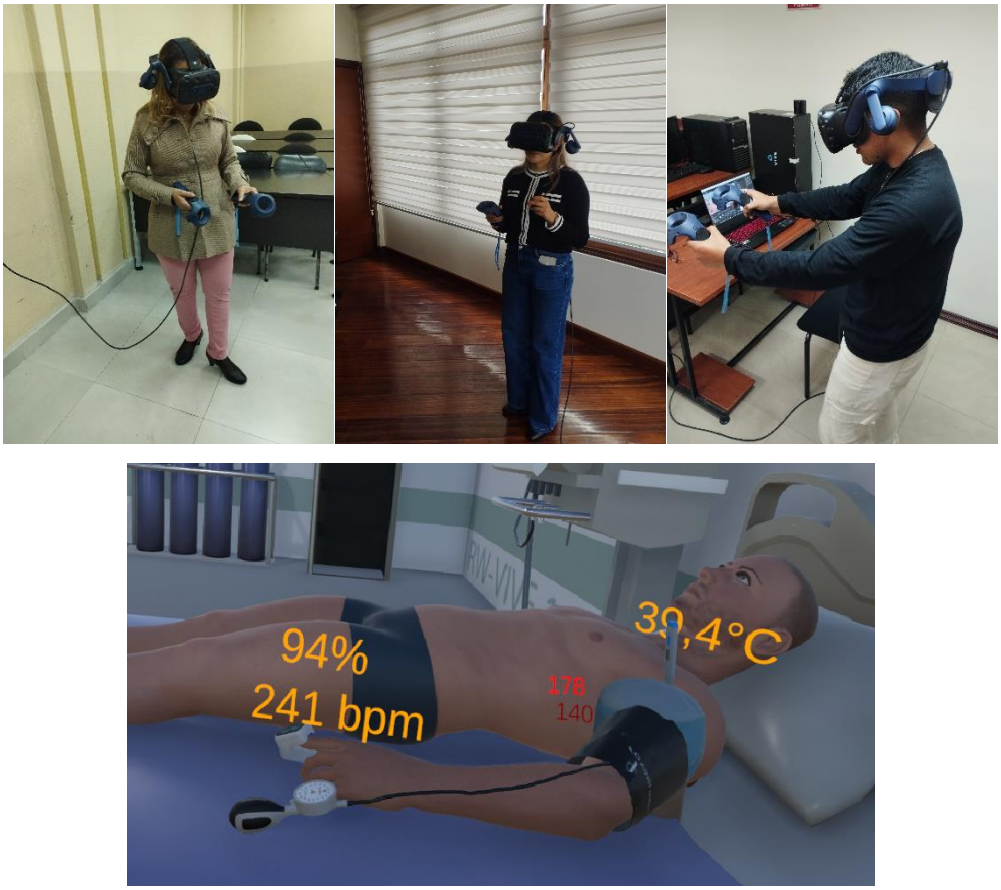



Figura 80 Pruebas de funcionamiento

Al finalizar estas pruebas prácticas, se procedió a administrar a cada uno de los estudiantes participantes una encuesta estructurada. El propósito fundamental de esta encuesta fue recopilar datos cualitativos y cuantitativos que reflejaran su percepción sobre diversos aspectos del simulador. Se buscó evaluar la calidad gráfica y la inmersión del entorno, valorar la fidelidad de las interacciones con los instrumentos virtuales, calificar la facilidad de uso de los controles y la interfaz, determinar el grado de realismo de la experiencia en comparación con un entorno clínico real, y, crucialmente, medir la percepción sobre la utilidad del simulador para el aprendizaje y el refuerzo de sus habilidades prácticas. También se procuró identificar cualquier posible mejora o limitación, siempre desde la perspectiva del usuario final.

Los datos logrados recopilar a través de estas encuestas, sumados a las observaciones durante las sesiones de prueba, permitieron analizar en profundidad la percepción de los estudiantes. Es con gran satisfacción que se puede afirmar que los resultados fueron altamente satisfactorios para ellos. La retroalimentación general indicó que

percibieron el simulador como una herramienta sumamente instructiva, lo cual permitió corroborar la validez del mismo como una herramienta educativa eficaz y reafirmar su potencial para contribuir significativamente a la formación práctica en enfermería.

## 3.15 Plan de Validación y Usabilidad del Simulador

Establecer la validez y la utilidad de la plataforma de realidad virtual desarrollada constituye un pilar fundamental de la presente tesis. Asegurar que el simulador cumpla con sus objetivos de entrenamiento y ofrezca una experiencia de usuario óptima requiere la implementación de un enfoque de validación multifacético. Si bien se ha realizado una encuesta inicial a los estudiantes que probaron el simulador (cuya instrumentación y resultados se ubican en el ), resulta esencial complementar esta percepción subjetiva con datos de comportamiento y observaciones directas.

El plan de validación busca integrar diversas metodologías para obtener una comprensión robusta de la usabilidad y eficacia de la plataforma, permitiendo corroborar las hipótesis planteadas y proporcionar evidencia empírica sólida.

### *a. Encuesta de Percepción Inicial (Ya Realizada)*

Con el propósito de obtener una visión general de las primeras impresiones de los estudiantes sobre la plataforma. Explorar aspectos como la facilidad de uso percibida, el grado de inmersión, el realismo de los escenarios y la utilidad general para el aprendizaje.

La encuesta reveló una percepción predominantemente positiva por parte de los estudiantes respecto a la utilidad y el potencial de la realidad virtual para su formación. Identificar un alto grado de inmersión y realismo en los escenarios simulados, lo que contribuyó a mejorar la sensación de presencia. Los estudiantes expresaron que el simulador ofreció una oportunidad valiosa para practicar en un entorno seguro y recibir una retroalimentación más directa en comparación con los métodos tradicionales. Se evidenció un reconocimiento general de las limitaciones de las metodologías actuales y una acogida favorable hacia la innovación tecnológica como complemento formativo. La encuesta también permitió identificar áreas generales de mejora

relacionadas con la familiarización inicial con los controles de RV, aspectos que sirvieron para guiar optimizaciones posteriores.

### *b. Pruebas de Usuario Guiadas y Observación Directa*

Su fin es evaluar la usabilidad del simulador en un contexto controlado, observando directamente cómo los estudiantes interactúan con la plataforma para completar tareas específicas. Este método permite identificar problemas de interacción, errores de diseño y dificultades no reportadas verbalmente.

La observación directa permitió confirmar la capacidad de los estudiantes para navegar y manipular los instrumentos virtuales. Se registró un aprendizaje rápido en la interacción con la interfaz de usuario. Identificar momentos puntuales donde algunos estudiantes presentaron leves dificultades para localizar elementos específicos o ejecutar secuencias de pasos menos intuitivas, lo cual reveló oportunidades para refinar la claridad de las instrucciones visuales o la disposición de los objetos. Se constató una alta tasa de completitud de las tareas asignadas, indicando una usabilidad general adecuada para los objetivos de entrenamiento.

### *c. Protocolo de Pensamiento en Voz Alta (Think-Aloud Protocol)*

Con este protocolo seobtiene información cualitativa rica y en tiempo real sobre el proceso cognitivo de los estudiantes mientras utilizan el simulador. Esto permite comprender sus modelos mentales, sus expectativas, sus razonamientos y sus puntos de confusión o gratificación directamente de sus propias palabras.

La recopilación de los comentarios verbales reveló información valiosa sobre el proceso cognitivo de los estudiantes. Permitió identificar sus expectativas, sus razonamientos al enfrentar los escenarios y los puntos exactos donde surgieron dudas o confusiones. Por ejemplo, algunos estudiantes expresaron incertidumbre sobre la precisión de ciertas mediciones hasta no recibir retroalimentación explícita, reafirmando la necesidad de un sistema de *feedback* robusto. La mayoría de los comentarios fueron positivos, resaltando la sensación de estar realmente en un entorno clínico y la oportunidad de practicar sin miedo a cometer errores.

### *d. Análisis de Datos de Registro (Log Data Analysis)*

Se recopilaron datos cuantitativos objetivos sobre el comportamiento real de los usuarios dentro del simulador. Esto complementa la información subjetiva de las encuestas y la cualitativa de las observaciones, proporcionando evidencia numérica del uso del sistema.

El análisis de los datos de registro confirmó las observaciones directas y los datos de la encuesta en varios aspectos. Se verificó la eficiencia en los tiempos de finalización de las tareas, indicando que, tras una breve curva de aprendizaje, los estudiantes lograron ejecutar las técnicas de manera fluida. Los registros de errores permitieron cuantificar la frecuencia de pasos incorrectos en ciertas secuencias y orientar las mejoras en la guía de usuario o la interfaz. La frecuencia de uso de las ayudas internas proporcionó información sobre la autoeficacia y la identificación de los puntos de mayor dificultad en el entrenamiento.

### *e. Escala de Usabilidad del Sistema (System Usability Scale - SUS) y Cuestionarios Post-Tarea Específicos*

Para proporcionar una medida estandarizada y cuantitativa de la usabilidad percibida, y obtener feedback granular sobre aspectos muy específicos de la interacción.

La aplicación de la escala SUS resultó en una puntuación promedio que situó la usabilidad percibida del simulador en un nivel aceptable a bueno, confirmando la facilidad general de uso y la satisfacción del usuario. Los cuestionarios post-tarea ofrecieron feedback granular que permitió identificar detalles específicos sobre la interacción con cada instrumento virtual o la claridad de las instrucciones para cada procedimiento, revelando áreas puntuales para optimizar la experiencia del usuario y maximizar la efectividad del aprendizaje en futuras iteraciones.

## 3.16 Costos de implementación

En cuanto a los componentes de software, fue una gran ventaja poder contar con herramientas de desarrollo de clase mundial que no generaron costos de licencia iniciales. Para el modelado y texturizado de los activos 3D, se optó por utilizar

Blender, un software de modelado 3D de código abierto y completamente gratuito, lo cual permitió crear todos los elementos visuales del entorno y los objetos interactivos, como el tensiómetro, sin incurrir en gastos de software. De manera similar, para el desarrollo y la integración de todos los componentes del simulador, se eligió Unity, una plataforma de desarrollo 3D que ofrece una licencia de uso personal gratuita, especialmente diseñada para pequeños desarrolladores y proyectos independientes. Esta política de licencias fue fundamental para permitir la construcción del simulador sin costos iniciales asociados al motor de juego.

Por lo tanto, los principales costos de implementación se centraron exclusivamente en la adquisición del hardware necesario para el funcionamiento del simulador y la experiencia de realidad virtual. En este sentido, fue imprescindible adquirir las gafas de realidad virtual HTC Vive Pro 2, elegidas por su alta fidelidad visual y su capacidad de inmersión, fundamentales para replicar un entorno de simulación creíble. Adicionalmente, para garantizar un rendimiento fluido y una experiencia ininterrumpida en realidad virtual, se requirió invertir en una computadora de alta gama, con las especificaciones técnicas necesarias para ejecutar tanto el simulador como el entorno de SteamVR de manera óptima. Estos componentes de hardware representaron los únicos desembolsos económicos significativos para hacer realidad el presente proyecto de simulación. Los costos de este proyecto se exponen en la Tabla 17.

Tabla 17 Costos de implementación

| ***Ítem*** | ***Detalle*** | ***Unidad*** | ***Cantidad*** | ***Valor Unitario*** | ***Total*** |
|---|---|---|---|---|---|
| ***1*** | *Computadora de gama alta* | *c/u* | *1* | *1,378.99* | *1,378.99* |
| ***2*** | *Gafas VR HTC Vive Pro 2* | *c/u* | *1* | *1,467.00* | *1,467.00* |
| ***3*** | *Implementación* | *c/u* | *1* | *110.15* | *110.15* |
| | | | | ***Total*** | *2,956.14* |

# CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## a. Conclusiones

- La implementación de una plataforma de realidad virtual para el entrenamiento de estudiantes de enfermería en la técnica de toma de signos vitales logró satisfacer plenamente el objetivo general planteado, ofreciendo una herramienta educativa innovadora y funcional para complementar los métodos pedagógicos tradicionales. El desarrollo de escenarios clínicos interactivos y el modelado 3D de instrumentos esenciales permitieron crear un entorno de práctica inmersivo y realista, facilitando la adquisición y el refuerzo de habilidades prácticas en un espacio seguro y controlado.

- Respecto al impacto en el aprendizaje de los estudiantes, la validación del simulador reveló resultados altamente positivos. La percepción de los usuarios indicó que la plataforma resultó ser una herramienta sumamente instructiva y eficaz para su formación. Se constató que la experiencia de realidad virtual contribuyó significativamente a mejorar la comprensión de los procedimientos de toma de signos vitales y a incrementar la confianza de los estudiantes al enfrentar situaciones clínicas simuladas. La oportunidad de practicar repetidamente sin el riesgo de cometer errores en un paciente real potenció la retención del conocimiento y el desarrollo de competencias prácticas sólidas.

- La usabilidad de la plataforma se confirmó como uno de sus puntos fuertes. Las pruebas realizadas y la encuesta a los estudiantes demostraron una alta calidad gráfica, una inmersión efectiva en el entorno virtual, y una fidelidad destacada en las interacciones con los instrumentos simulados. La facilidad de uso de los controles y la interfaz permitió a los estudiantes concentrarse en la técnica de enfermería más que en la manipulación de la herramienta, lo cual resultó crucial para un aprendizaje fluido y efectivo.

- Desde una perspectiva tecnológica, el empleo de herramientas de desarrollo de código abierto como Blender para el modelado 3D y Unity para la programación demostró la viabilidad de crear soluciones de realidad virtual de

alta calidad con costos iniciales de software reducidos. Esto abre vías para futuras implementaciones y escalabilidad en el ámbito de la educación en salud, demostrando que la tecnología de realidad virtual puede ser accesible y eficiente para transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

**b. Recomendaciones**

- Para maximizar la viabilidad y el valor inherente de futuras simulaciones médicas interactivas en entornos de realidad virtual, se recomienda encarecidamente priorizar la modularidad y la estandarización desde las fases iniciales del diseño. Mantener un enfoque en componentes reutilizables, como los sockets y las lógicas de interacción genéricas para instrumentos, permitirá una expansión más ágil del sistema. Asimismo, se debe continuar investigando y desarrollando métodos para aumentar el grado de fidelidad en la manipulación de instrumentos clínicos, asegurando que la respuesta visual de las animaciones y la actualización de las mediciones en interfaces contextuales sigan evolucionando. Se aconseja incorporar pruebas de usabilidad y experiencia de usuario de manera temprana y continua, con el fin de validar la eficacia de las interacciones y la claridad de la retroalimentación.

- Con el propósito de consolidar la contribución de estas herramientas a la formación clínica y pedagógica, es fundamental seguir alineando el desarrollo de plataformas de aprendizaje inmersivas con los principios educativos más vanguardistas, donde la premisa del "aprender haciendo" se maximice. Se recomienda enfáticamente continuar explorando cómo la práctica repetida de la medición de signos vitales y la auscultación en entornos virtuales puede fortalecer la memoria procedimental y la confianza de los futuros profesionales de la salud. Para ello, se sugiere implementar sistemas de evaluación automatizada del desempeño, que permitan una retroalimentación objetiva y constante sobre la precisión en la manipulación y la interpretación de los datos, fomentando la autoevaluación continua.

- Se aconseja profundizar en la robustez de las lógicas de interacción, investigando métodos para hacerlas aún más tolerantes a variaciones en la

manipulación del usuario y más resilientes ante posibles fallos de hardware o software. La sincronización de animaciones de objetos 3D con la manipulación directa del usuario y la actualización dinámica de datos en paneles de UI es un logro significativo; sin embargo, se debe aspirar a lograr una sincronización predictiva y adaptativa, que anticipe los movimientos del usuario para una experiencia aún más fluida. Esto podría incluir la integración de inteligencia artificial para personalizar las respuestas del entorno o para generar escenarios dinámicos, abriendo la puerta a simulaciones más sofisticadas y detalladas, donde cada matiz del comportamiento de un instrumento real pueda ser replicado con una precisión sin precedentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


[1] F. M. Escandell Rico y L. Pérez Fernández, "Simulación de realidad virtual en la formación de los estudiantes de Enfermería: una revisión sistemática", *Educación Médica*, vol. 25, núm. 1, p. 100866, ene. 2024, doi: 10.1016/j.edumed.2023.100866.

[2] De Leon Ramirez y Mayra Samira, "Efectividad de realidad virtual en el conocimiento y habilidades de RCP en estudiantes de Enfermería", Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, 2022.

[3] E. Menjívar Valencia, "Educación a Distancia e Innovación en la UDB", *Diálogos*, vol. 16, núm. 29, pp. 05–08, nov. 2024, doi: 10.61604/dl.v16i29.395.

[4] D. C. Arrieta De La Rosa, "Utilidad de la realidad virtual en la educación de enfermería", *Investigación e Innovación: Revista Científica de Enfermería*, vol. 4, núm. 1, pp. 105–117, abr. 2024, doi: 10.33326/27905543.2024.1.1887.

[5] M. Vega y I. Solera Porras, "Realidad Virtual Y Aumentada Como Herramienta Para La Formación En Enfermería Iberoamericana. Revisión Sistemática", *Ciencia y Reflexión*, vol. 3, núm. 2, pp. 145–157, oct. 2024, doi: 10.70747/cr.v3i2.17.

[6] P. A. Potter, A. G. Perry, P. Stockert, y A. Hall, *Fundamentals of Nursing - E-Book*. Elsevier Health Sciences, 2020. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=eCKKCwAAQBAJ

[7] Lynda Juall Carpentino, *Manual de diagnóstico enfermeros*, 15a ed. España, 2017.

[8] Jesus Tapia Jurado, "Manual de procedimientos médico-quirúrgicos para el médico general", *México, DF: Editorial Alfil*, pp. 220–223, 2005.

[9] J. V. González, O. A. V. Arenas, y V. V. González, "Semiología de los signos vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente:/Vitals sign semiology: the new look to an actual problem", *Archivos de Medicina (Manizales)*, vol. 12, núm. 2, pp. 221–240, 2012.

[10] Ángel Fabio González Caamaño, *Toma Correcta De La Presión Arterial (Hipertensión)*, 1a ed. Mexico, 2021.

[11] R. Carrillo-Esper, J. J. Núñez-Bacarreza, y J. R. Carrillo-Córdova, "Saturación venosa central. Conceptos actuales.", *Revista mexicana de anestesiología*, vol. 30, núm. 3, 2007.

[12] C. M. Hayre, D. J. Muller, y M. J. Scherer, *Virtual reality in health and rehabilitation*. CRC Press, 2020.

[13] Gloria Viana Ponce, “Satisfacción percibida por alumnos de enfermería tras el uso de herramientas de realidad virtual”, Universidad catolica de Valencia San Vicente Martir, Valencia, 2019.

[14] F. López-Alegría y C. Fraile, “Metodologías didácticas activas frente a paradigma tradicional. Una revisión sistemática”, *Revista de la Fundación Educación Médica*, vol. 26, núm. 1, p. 5, 2023, doi: 10.33588/fem.261.1255.

[15] J. O. Morales-Cadena, M.-C. Alejandro-Muñoz, y L. M. Moran-Borja, “Impacto de la realidad virtual en el proceso de aprendizaje en estudiantes de bachillerato”, *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, vol. 9, núm. 17, pp. 203–220, ene. 2024, doi: 10.35381/r.k.v9i17.3176.

[16] Christopher Coutinho, *Unity® Virtual Reality Development with VRTK4*, 1a ed. 2022.

[17] Iman Ouazzani, *Manual de creación de videojuegos con Unity en 3D*. Madrid, 2012.

[18] Unity, “Unity 6.0 User Manual”, https://docs.unity3d.com/6000.0/Documentation/Manual/UnityManual.html.

[19] David A Kolb, *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Pearson Education, 2014. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=jpbeBQAAQBAJ

[20] Meta, “Meta Quest 3”, https://www.meta.com/legal/quest/.

[21] PICO, “Pico 4”, https://www.picoxr.com/global/products/pico4/specs.

[22] VIVE, “VIVE Pro 2”, https://www.vive.com/ca/product/vive-pro2-full-kit/specs/.

[23] Blender, “Blender Foundation”, https://www.blender.org/about/foundation/.

[24] P. Mamgain, *Autodesk 3ds Max 2021: A Detailed Guide to Arnold Renderer, 3rd Edition*. Padexi Academy, 2020. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=bXbsDwAAQBAJ

[25] Jen Rizzo, *Cinema 4D Beginner’s Guide*. Birmingham : Packt, 2012.

[26] C. A. Wunderlich, *Medical thermometry, and human temperature*. William Wood & Company, 1871. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=a6UNq33GPfIC

[27] N. J. Talley y S. O’Connor, *Clinical Examination: A Systematic Guide to Physical Diagnosis*. en #X98;Aœ student consult title. Elsevier Churchill Livingstone, 2010. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=Tckc771o7CkC

[28] M. H. Beers, *El Manual Merck: de Diagnóstico Y Tratamiento*. Elsevier, 2007. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=T4obkgAACAAJ

[29] CENETEC, “Guía Tecnológica No 38: Oxímetro ”, *Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud* , 2006.

[30] TurboSquid, “Modelos en 3D para profesionales”, https://www.turbosquid.com/es/.

[31] Free Models 3D, “Modelos 3D Gratis”, https://free3d.com/es/.

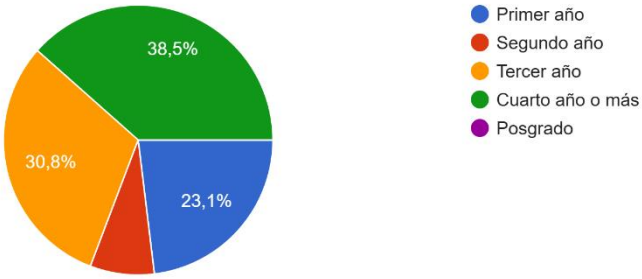
[32] Sketchfab, “The leading platform for 3D & AR on the web”, https://sketchfab.com/.

# ANEXOS

## Anexo A. Encuesta de validación de estudiantes de enfermería

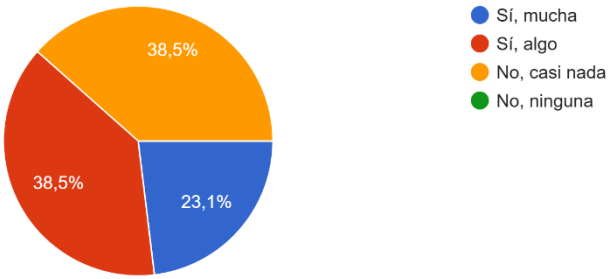
¿Cuál es tu nivel actual de estudios en enfermería?

13 respuestas



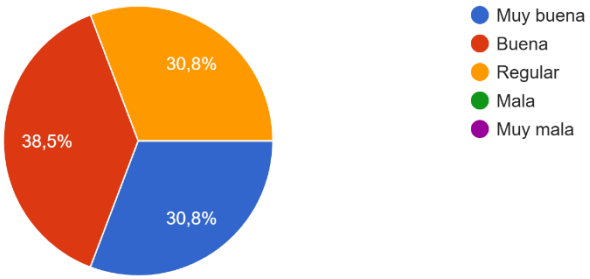

¿Has tenido experiencia previa con simuladores de realidad virtual o juegos?

13 respuestas



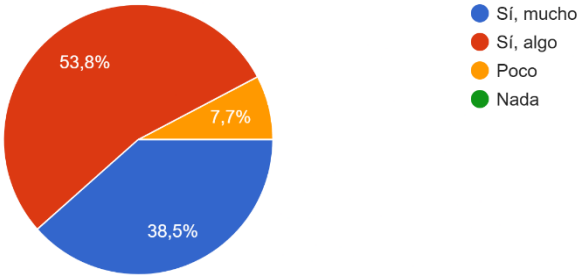

En general, ¿cómo calificarías tu experiencia con el simulador de realidad virtual?

13 respuestas



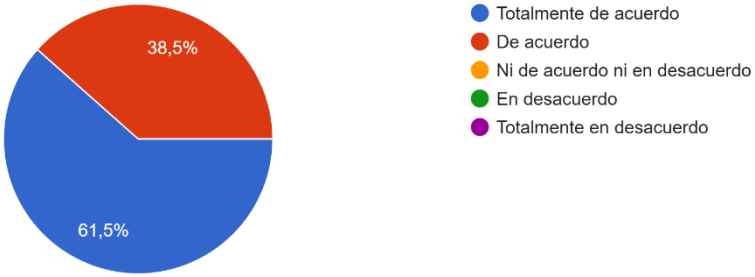
¿El simulador te ayudó a comprender mejor el proceso de toma de signos vitales?

13 respuestas



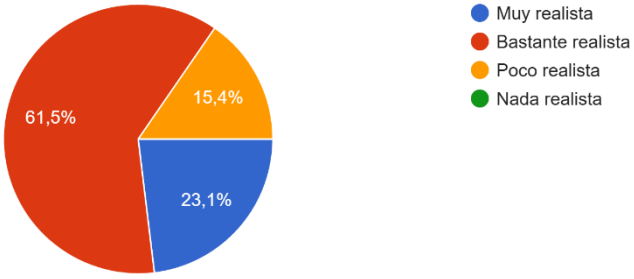

¿Consideras que el simulador es una herramienta útil para el aprendizaje de la toma de signos vitales?

13 respuestas



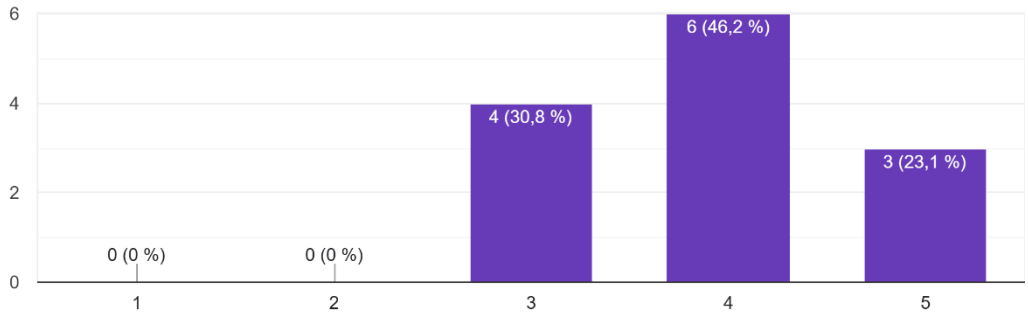

¿Qué tan realista consideras la interacción con los instrumentos de toma de signos vitales (termómetro, oxímetro, tensiómetro, etc.) dentro del simulador?

13 respuestas



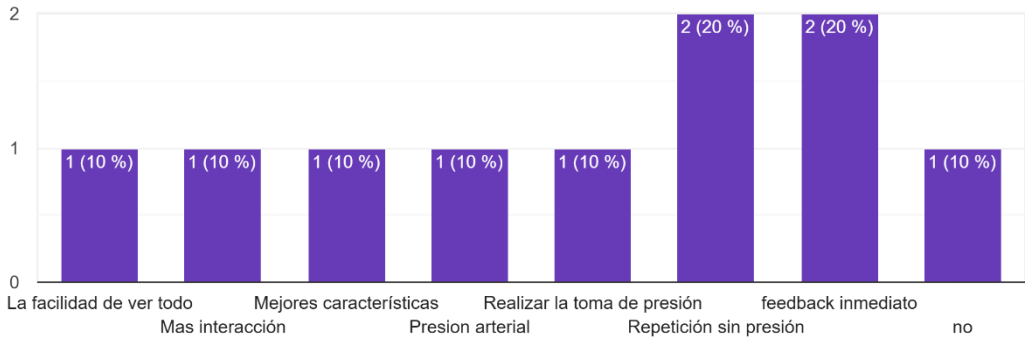
En una escala del 1 al 5 (donde 1 es "Mucho peor" y 5 es "Mucho mejor"), ¿cómo calificarías la inmersión que te proporcionó el simulador en compa...a práctica en un entorno real o con un maniquí?

13 respuestas



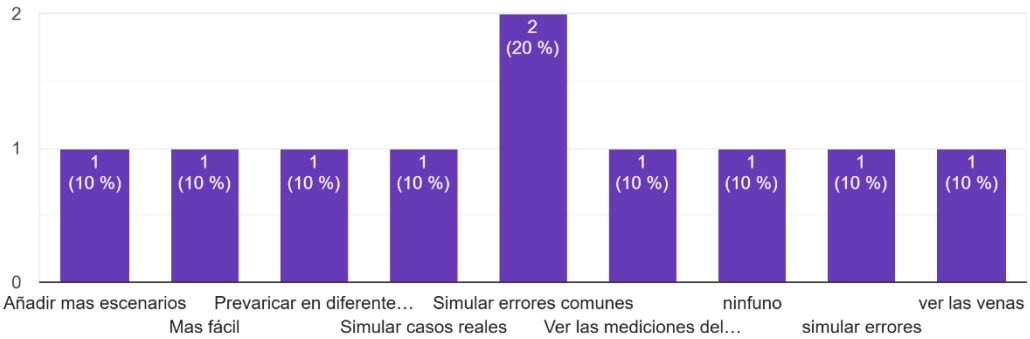

¿Hubo algún aspecto específico en el simulador que mejoró tu comprensión o habilidad para tomar los signos vitales, en comparación con la práctica t...e datos en tiempo real, feedback inmediato, etc.)

10 respuestas



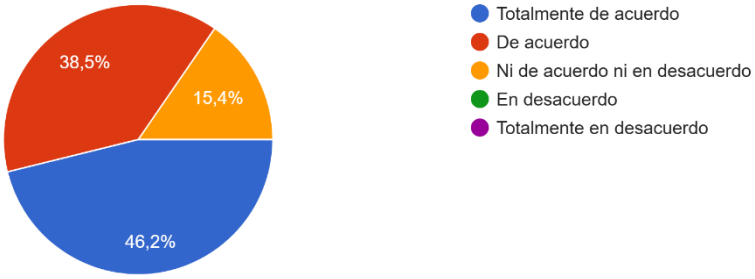

¿Qué elementos o situaciones del simulador percibiste como más beneficiosos para tu aprendizaje que no podrías experimentar fácilmente en una situa...s, ver las venas, simular errores comunes, etc.)

10 respuestas



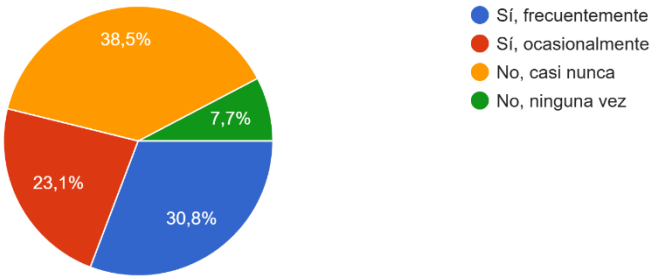
¿La navegación y las interacciones dentro del simulador fueron intuitivas y fáciles de usar?

13 respuestas



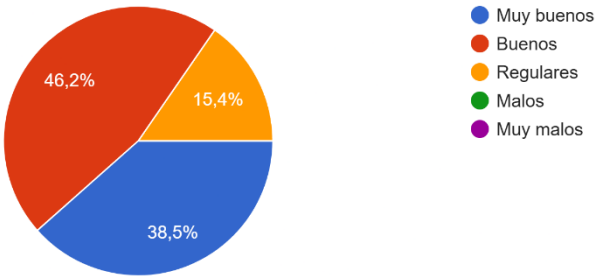

¿Experimentaste algún problema técnico (mareo, fallas visuales, etc.) mientras usabas las gafas HTC Vive Pro 2 con el simulador?

13 respuestas




¿La calidad visual y el rendimiento gráfico del simulador fueron adecuados?

13 respuestas



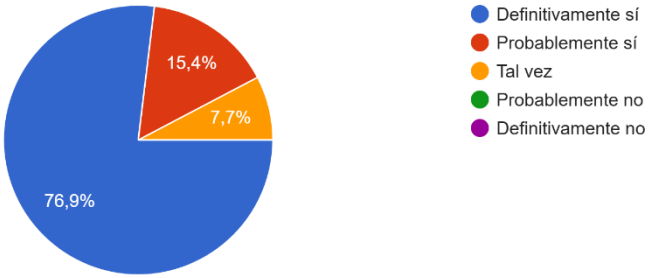
**¿Qué mejoras sugerirías para el simulador de realidad virtual?** (Ej: más escenarios, feedback adicional, nuevas funciones, etc.)

10 respuestas

| |
|---|
| Nuevas funciones |
| Ampliar los usos |
| Incrementat mas mediciones |
| mas escenarios |
| Mas funciones |
| nuevas funciones |
| Más escenarios |
| Mas escenarios |
| Mas retroalimentacion |

¿Recomendarías este simulador a otros estudiantes de enfermería?

13 respuestas



## Anexo B. Requisitos del sistema HTC Vive Pro 2

Los requisitos para poder usar las gafas de realidad virtual HTC Vive pro 2 se requiere de una computadora que satisfaga las necesidades de la Tabla 18.

Tabla 18 Requisitos del sistema HTC Vive Pro 2

| Componente | Requisitos recomendados del sistema | Requisitos mínimos del sistema |
|---|---|---|
| **Procesador** | Intel Núcleo i5-4590/ Ryzen AMD 1500 Equivalente o mejor | Intel Núcleo i5-4590/ Ryzen AMD 1500 Equivalente o mejor |
| **GPU** | NVIDIA GeForce RTX 2060/ AMD Radeon RX 5700 equivalente o mejor | NVIDIA GeForce GTX 1060/ AMD Radeon RX 480 equivalente o mejor |
| **Memoria** | 8 GB de RAM o más | 8 GB de RAM o más |
| **Salida de video** | DisplayPort 1.4 O más nuevo requerido para usar la resolución completa de los auriculares | DisplayPort 1.2 O más nuevo |
| **Puerto USB** | 1x USB 3.0 o posterior | 1x USB 3.0 o posterior |
| **Sistema operativo** | Windows 10, Windows 11 | Windows 10 |

## Anexo C. Especificaciones técnicas de computadora MSI Leopard GL65

Las especificaciones técnicas de la computadora implementada en este proyecto tiene las prestaciones mencionadas en la Tabla 19.

Tabla 19 Especificaciones técnicas de computadora

| | |
|---|---|
| Sistema operativo | Windows 11 Home |
| CPU | Intel® Core™ i7-10750H |
| Chipset | HM470 |
| Pantalla | 15.6" nivel IPS 144Hz 72%NTSC con marcos finos cerca del 100% sRGB |
| Resolución | FHD (1920x1080p) |
| GPU | GeForce® RTX 2070 Super |
| Memoria gráfica | GDDR6 8GB |
| Keyboard | Teclado retroiluminado RGB tecla a tecla |
| Memoria RAM | DDR IV 8GB*2 (2666MHz) |
| Slots y max cap de RAM | 2 ranuras con una capacidad máxima de 64GB |
| Almacenamiento | 1TB NVMe PCIe SSD |
| Slots de almacenamiento | 1 ranura M.2 SSD Combo (NVMe PCIe Gen3 / SATA)<br>1 ranura 2.5" SATA HDD |
| LAN | 1x RJ45 |
| WLAN | 802.11 ax Wi-Fi 6 |
| Bluetooth | BT5.1 |
| Tarjeta SD | 1x SD (XC/HC) |
| Webcam | HD type (30fps@720p) |
| USB | 3x Tipo A USB3.2 Gen1 |
| Puerto tipo C | 1x Tipo C USB3.2 Gen2 |
| Puertos de video | 1x (4K @ 30Hz) HDMI™<br>1x Mini-DisplayPort |
| Puerto de audio | 1x Mic-in<br>1x Headphone-out |
| Cargador | Adaptador de 280W |
| Batería | 6 cell , 51Whr |
| Tamaño | 357 x 248 x 27.5 mm |
| Weight | 2.3 kg |