

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE SOFTWARE

Tema:

APLICACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL PARA GESTIÓN DE USUARIOS Y PRÁCTICAS DE ESCENARIOS QUIRÚRGICOS EN ENFERMERÍA

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

ÁREA: Desarrollo de Software

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Software, Tecnologías de la información y Ciencia de datos

AUTOR: Bryan Steven Oviedo Sánchez

TUTOR: Ing. Oscar Fernando Ibarra Torres, Mg.

Ambato - Ecuador

enero – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: APLICACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL PARA GESTIÓN DE USUARIOS Y PRÁCTICAS DE ESCENARIOS QUIRÚRGICOS EN ENFERMERÍA, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Bryan Steven Oviedo Sánchez, estudiante de la Carrera de Software, 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, enero 2026.

Firmado electrónicamente por:
OSCAR FERNANDO
IBARRA TORRES
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Oscar Fernando Ibarra Torres, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: APLICACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL PARA GESTIÓN DE USUARIOS Y PRÁCTICAS DE ESCENARIOS QUIRÚRGICOS EN ENFERMERÍA 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, enero 2026.



Bryan Steven Oviedo Sánchez

C.C. 1850474550

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, enero 2026.



Bryan Steven Oviedo Sánchez

C.C. 1850474550

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Bryan Steven Oviedo Sánchez, estudiante de la Carrera de Software, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado APLICACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL PARA GESTIÓN DE USUARIOS Y PRÁCTICAS DE ESCENARIOS QUIRÚRGICOS EN ENFERMERÍA, 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, enero 2026.

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

Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
FELIX OSCAR
FERNANDEZ PENA
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Félix Fernández Peña, PhD.
PROFESOR CALIFICADOR

Firmado electrónicamente por:
GABRIEL FERNANDO
LEON PAREDES
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Gabriel León Paredes, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas quienes han marcado mi vida y que, hicieron posible este logro académico. Principalmente a Dios, a la Virgen, la fuerza en los momentos más difíciles, por guiar en mi toma de decisiones y por acompañarme en cada etapa del camino. A mis padres, cuyo amor, los valores, y las enseñanzas han sido uno de mis pilares para el cual he construido mis metas. Su ejemplo del esfuerzo, la honestidad, me han impulsado a no rendirme a no caer en las dudas en la negación. A mi familia también, por siempre en el apoyo constante, cada palabra me animó a continuar, por su compresión en los días más dificultosos y por ser ese espacio seguro al que siempre puedo volver. Y también me lo dedico a mí mismo, la disciplina, la entrega y el coraje de avanzar a pesar de las dificultades. Por demostrarme que con los objetivos se alcanzan el trabajo, paciencia y compromiso.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a todas las personase instituciones que estuvieron presentes mediante este proceso y que contribuyeron de forma significativo a la culminación de esta tesis. A mis padres, una fuente inagotable de motivación y ejemplo de fortaleza. Su amor, los sacrificios y el acompañamiento constante han sido indispensables para cada uno de mis logros. Por la impulsión de seguir siempre adelante.

Al tutor de este proyecto, Ing. Oscar Fernando Ibarra Torres, expreso mi más agradecimiento de guía, la paciencia, los aportes académicos. La orientación fue clave para este desarrollo y fortalecimiento para este trabajo.

A la Dra. Marianela Mejías de Duarte, agradezco sus conocimientos, las sugerencias, y la disposición por los aportes en este estudio, lo cual me ayudó a la retroalimentación considerablemente en el avance.

A la Universidad Técnica de Ambato, por ofrecerme un espacio de formación integral, los recursos académicos, experiencias que me han contribuido a mi crecimiento y formación como profesional. Encontré la oportunidad para construir mi camino, y reafirmar mi vocación en esta institución.

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 ..... **xvii**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xxiii**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xxiv**

ABSTRACT ..... **xxv**

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Tema de investigación 1

Planteamiento del problema 1

1.2 Antecedentes investigativos 2

1.3 Fundamentación teórica 16

1.3.1 Gestor de base de datos en entornos de realidad virtual 16

1.3.2 Gestor de usuarios en entornos de realidad virtual 18

1.3.3 Registro de resultados en desarrollo de prácticas de escenarios quirúrgicos con RV……. 18

1.3.4 Clasificación de software en entornos virtuales 19

1.3.5 Distribución por tipos de retroalimentación en entornos RV 20

1.3.6 Frameworks de desarrollo web 20

1.3.7 Arquitectura Cliente–Servidor en aplicaciones RV-Web 22

1.3.8 Seguridad y manejo de datos en entornos de RV 22

1.3.9 Cuestionarios para medir la usabilidad del sistema 22

1.4 Objetivos 23

1.4.1 Objetivo general 23

1.4.2 Objetivos específicos 23

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 24

2.1 Materiales 24

2.2 Métodos 24

2.2.1 Modalidad de la investigación 25

2.2.2 Población y muestra 25

2.2.3 Recolección de información 27

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos 28

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 40

3.1 Tablas comparativas de frameworks, motores, bases de datos, gafas de RV 40

3.2 Análisis de requerimientos 47

3.3 Especificación de requerimientos de software a través de la norma ISO 29148:2018 48

3.3.1 Introducción 48

3.3.2 Descripción general 49

3.3.3 Requerimientos funcionales 50

3.3.4 Requerimientos no funcionales 51

3.3.5 Interfaces externas 52

3.3.6 Reglas de negocio 52

3.3.7 Criterios de aceptación 53

3.3.8 Riesgos identificados 53

3.4 Metodología Extreme Programming (XP) 53

3.4.1 Planificación 53

Análisis de requerimientos 54

Historias de usuario 66

Diagramas de casos de uso 70

3.4.2 Diseño… 73

Diseño de la base de datos 74

Prototipado en Figma 75

3.4.3 Codificación 87

3.4.4 Pruebas.. 95

3.4.5 Lanzamiento 101

3.5 Metodología para el desarrollo de realidad virtual 102

3.5.1 Fase de Investigación y Análisis 102

3.5.2 Fase de Diseño 103

3.5.3 Fase de Desarrollo 104

3.5.4 Fase de Pruebas 110

3.5.5 Fase de Implementación 111

3.5.6 Fase de Mantenimiento y Mejora Continua 119

3.6 Tabla comparativa entre las dos metodologías aplicadas (XP y Metodología de desarrollo RV) 124

3.7 Vínculo con la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP) 125

3.8 Arquitectura 126

3.9 Encuestas para medir la usabilidad 127

3.9.1 Cuestionario SUS 127

3.9.2 Cuestionario TAM 134

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 141

4.1 Conclusiones 141

4.2 Recomendaciones 142

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 144

ANEXOS 149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Motores de desarrollo RV 40

Tabla 2. Lenguajes de programación en RV 41

Tabla 3. Comparación de Gafas de RV 42

Tabla 4. Comparación de bases de datos de RV 43

Tabla 5. Resultados cuantitativos de investigaciones al uso de RV clínicos 44

Tabla 6. Tecnologías usadas en estudios de simulación clínica con RV 45

Tabla 7. Tabla comparativa de metodologías de desarrollo 46

Tabla 8. Características de los usuarios del sistema 49

Tabla 9. Requerimientos funcionales del sistema 50

Tabla 10. Requerimientos no funcionales del sistema 51

Tabla 11. Requisito funcional autentificación iniciado de sesión 54

Tabla 12. Requisito funcional registro de usuario 54

Tabla 13. Requisito funcional roles y ruteo 55

Tabla 14. Requisito funcional cerrado de sesión 55

Tabla 15. Requisito funcional CRUD periodos 56

Tabla 16. Requisito funcional catálogos por periodo académico 56

Tabla 17. Requisito funcional catálogos globales 57

Tabla 18. Requisito funcional asignación de docente y estudiante 57

Tabla 19. Requisito funcional asignación estudiante y materia 58

Tabla 20. Requisito funcional listado de estudiantes por docente 58

Tabla 21. Requisito funcional recuperación de contraseña 58

Tabla 22. Requisito funcional reportes/progreso 59

Tabla 23. Requisito funcional guardado de datos en sesión 59

Tabla 24. Requisito no funcional seguridad el cifrado 60

Tabla 25. Requisito no funcional seguridad al acceso 60

Tabla 26. Requisito no funcional disponibilidad 61

Tabla 27. Requisito no funcional rendimiento 61

Tabla 28. Requisito no funcional compatibilidad UI 62

Tabla 29. Requisito no funcional privacidad 62

Tabla 30. Requisito no funcional entregabilidad 63

Tabla 31. Requerimientos técnicos mínimos de hardware y software para el uso del sistema 63

Tabla 32. Requerimientos técnicos para la ejecución del sistema en contenedores .. 64

Tabla 33. Requerimientos técnicos para visores de RV 65

Tabla 34. Historia de usuario inicio de sesión 66

Tabla 35. Historia de usuario gestión de periodos académicos 66

Tabla 36. Historia de usuario selección de operación y tiempo quirúrgico 67

Tabla 37. Historia de usuario visualización y selección de instrumentos quirúrgicos 67

Tabla 38. Historia de usuario activación de la mesa quirúrgica 68

Tabla 39. Historia de usuario guardado automático de progreso 68

Tabla 40. Historia de usuario consulta de reportes 69

Tabla 41. Historia de usuario control de roles y accesos 69

Tabla 42. Historia de usuario visualización de reporte final..... 70

Tabla 43. Caso de prueba de aceptación inicio de sesión al sistema 95

Tabla 44. Caso de prueba de aceptación gestión de periodos académicos 96

Tabla 45. Caso de prueba de aceptación selección de operación y tiempo quirúrgico 97

Tabla 46. Caso de prueba de aceptación visualización y selección de instrumentos quirúrgicos..... 97

Tabla 47. Caso de prueba de aceptación activación de la mesa quirúrgica 98

Tabla 48. Caso de prueba de aceptación guardado automático de progreso..... 99

Tabla 49. Caso de prueba de aceptación consulta de reportes por el docente 99

Tabla 50. Caso de prueba de aceptación control de roles y accesos 100

Tabla 51. Caso de prueba de aceptación visualización de reporte de estudiantes ... 100

Tabla 52. Tabla comparativa entre metodologías (XP y Metodología de desarrollo RV) 124

Tabla 53. Promedio y Media de la Utilidad Percibida del sistema en estudiantes... 135

Tabla 54. Promedio y Media de Facilidad de Uso Percibida del sistema en estudiantes 136

Tabla 55. Promedio y Media de Actitud hacia el uso del sistema en estudiantes.... 136

Tabla 56. Promedio y Media de la Intención de uso del sistema en estudiantes 137

Tabla 57. Promedio y Media de la Utilidad Percibida del sistema en docentes 138

Tabla 58. Promedio y Media de Facilidad de Uso Percibida del sistema en docentes 138

Tabla 59. Promedio y Media de Actitud hacia el uso del sistema en docentes..... 139

Tabla 60. Promedio y Media de la Intención de uso del sistema en docentes 140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cálculo del Alfa de Cronbach en Estudiantes 29

Figura 2: Cálculo del Alfa de Cronbach en Docentes 30

Figura 3: Aceptación del Módulo de Login en la RV Escenarios Quirúrgicos 30

Figura 4: Relevancia de los Resultados de la RV en el Contenido de Aprendizaje... 31

Figura 5: Necesidad del progreso de enseñanza de RV en el Contenido de Aprendizaje 32

Figura 6: Validación de herramienta para avanzar con el aprendizaje fuera del horario de clases 32

Figura 7: Aceptación de la RV como alternativa a laboratorios físicos 33

Figura 8: Importancia Interfaz en la aplicación de RV 33

Figura 9: Importancia módulo de Inicio de Sesión en la aplicación de RV 34

Figura 10: Percepción sobre la utilidad de la gestión de usuarios en la RV 34

Figura 11: Evaluación sobre resultados y reportes generados por la aplicación de RV 35

Figura 12: Percepción sobre la capacidad de reporte en RV para aprendizaje 35

Figura 13: Percepción sobre retroalimentación en RV para aprendizaje académico . 36

Figura 14: Evidencia del Análisis en ATLAS.ti de la Entrevista 37

Figura 15: Nube de Palabras de la Entrevista a Docente de Enfermería 38

Figura 16. Diagrama de caso de uso diagrama general del sistema 71

Figura 17. Diagrama de caso de uso de flujo del estudiante 72

Figura 18. Diagrama de caso de uso para administrador y docente 73

Figura 19. Diseño de la base de datos del sistema 74

Figura 20. Login del sistema 75

Figura 21. Registro de usuarios del sistema 76

Figura 22. Pantalla principal Estudiantes 76

Figura 23. Pantalla de reportes en Estudiantes 77

Figura 24. Editar información del Estudiante 77

Figura 25. Pantalla principal módulo de Estudiantes en Docentes 78

Figura 26. Creación de Estudiantes en Docentes 79

Figura 27. Edición de Estudiantes en Docentes 79

Figura 28. Eliminación de Estudiantes en Docentes 80

Figura 29. Edición de información del docente 80

Figura 30. Módulo de periodos académicos en Administrador 81

Figura 31. Asignación de estudiantes y docentes en Administrador 81

Figura 32. Módulo de gestión de operaciones quirúrgicas en Administrador 82

Figura 33. Crear operaciones quirúrgicas en Administrador 82

Figura 34. Editar operaciones quirúrgicas en Administrador 83

Figura 35. Gestión de tiempos de cirugía en Administrador 83

Figura 36. Módulo matriz de disponibilidad en Administrador 84

Figura 37. Crear disponibilidad en Administrador 85

Figura 38. Pantalla de Login en RV 85

Figura 39. Pantalla Principal en RV 86

Figura 40. Finalización de la simulación en RV 86

Figura 41. Reporte del estudiante de la simulación en RV 87

Figura 42. Script configuración de conexión y parámetros en el backend 88

Figura 43. Script implementación inicio de sesión parte web 89

Figura 44. Script implementación registro parte web 90

Figura 45. Script gestión del docente 90

Figura 46. Script panel del estudiante 91

Figura 47. Script administración de operaciones administrador 91

Figura 48. Script operaciones quirúrgicas en la matriz administrativa 92

Figura 49. Commit prototipado de reportes de estudiantes 93

Figura 50. CRUD integrado en docentes 94

Figura 51. Módulo operaciones detalles de las operaciones quirúrgicas 94

Figura 52. API Unity controladores agregados 94

Figura 53. API módulo de instrumentos quirúrgicos con la base de datos 95

Figura 54: Metodología para desarrollo de aplicaciones de RV en escenarios de enfermería 102

Figura 55. Commit versión beta funcional 104

Figura 56. Login web versión beta 105

Figura 57. Registrarse web versión beta 106

Figura 58. Panel del estudiante reportería de prácticas quirúrgicas versión beta 106

Figura 59. Panel del docente listado de estudiantes y reportes versión beta 107

Figura 60. Vista de un reporte básico de progreso estudiante versión beta 107

Figura 61. Inicio sesión Unity versión beta 108

Figura 62. Cierre de sesión Unity versión beta 108

Figura 63. Menú de instrumentos Unity cargados de la base de datos versión beta 109

Figura 64. Detalles instrumentos Unity cargados de la base de datos versión beta. 109

Figura 65. Reportería en Unity versión beta 110

Figura 66. Instalación de Docker Desktop 112

Figura 67. Finalización de la instalación de Docker Desktop 113

Figura 68. Características de Windows para contenedores 113

Figura 69. Instalador de WSL (Windows Subsystem for Linux) 114

Figura 70. Instalación de Ubuntu 20.04 LTS en WLS 114

Figura 71. Archivo de configuración para variables de entorno Docker 115

Figura 72. Dockerfile de imagen backend Node.js 115

Figura 73. Dockerfile de imagen frontend con React 116

Figura 74. Archivo para la integración de servicios con Docker 116

Figura 75. Ejecución de Docker Compose construcción y levantamiento de contenedores 117

Figura 76. Despliegue exitoso de contenedores 117

Figura 77. Despliegue exitoso de contenedores Docker Desktop 118

Figura 78. App Sistema desde otra computadora usando Docker 118

Figura 79. Actualización de IP para conexión desde otra computadora 119

Figura 80. Diseño panel docente correspondiente al commit 5 120

Figura 81. Diseño panel estudiantes correspondiente al commit 6 120

Figura 82. Encriptación base de datos con API al commit 10 121

Figura 83. API módulo instrumentos quirúrgicos en mesa mayo al commit 29 121

Figura 84. API módulo de reportaría y observaciones commit 32 122

Figura 85. API módulo de reportaría y observaciones commit 37 122

Figura 86. Creación host único para direcciones IPs commit 45 123

Figura 87. Mejoramiento visual commit 52 123

Figura 88. Modulo reportería instrumentación, porcentajes, errores commit 56 123

Figura 89. Modulo reportería Unity actualizado commit 64 123

Figura 90. Arquitectura general del sistema de simulación en RV 126

Figura 91. Resultados encuesta SUS pregunta 1 128

Figura 92. Resultados encuesta SUS pregunta 2 129

Figura 93. Resultados encuesta SUS pregunta 3 129

Figura 94. Resultados encuesta SUS pregunta 4 130

Figura 95. Resultados encuesta SUS pregunta 5 131

Figura 96. Resultados encuesta SUS pregunta 6 131

Figura 97. Resultados encuesta SUS pregunta 7 132

Figura 98. Resultados encuesta SUS pregunta 8 133

Figura 99. Resultados encuesta SUS pregunta 9 133

Figura 100. Resultados encuesta SUS pregunta 10 134

Figura 101. Instrucciones para el uso del sistema registro de usuarios 160

Figura 102. Instrucciones para el uso del sistema dentro de realidad virtual 160

Figura 103. Programa funcional del sistema..... 161

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Encuesta a Estudiantes..... 149

Anexo B. Encuesta a Docentes 151

Anexo C. Entrevista a Docentes..... 153

Anexo D. Cuestionario escala SUS..... 154

Anexo E. Cuestionario del método de evaluación TAM Estudiantes..... 156

Anexo F. Cuestionario del método de evaluación TAM Docentes..... 158

Anexo G. Manual del sistema 162

Anexo H. Manual del usuario 170

RESUMEN EJECUTIVO

Las prácticas clínicas en entornos quirúrgicos requieren condiciones controladas y recursos especializados que no siempre están disponibles en los laboratorios de enfermería. Para dar respuesta a esta necesidad, se implementó un sistema combinado con realidad virtual y enfocado en la gestión de usuarios y el seguimiento del progreso dentro de escenarios quirúrgicos simulados. El proyecto permite registrar estudiantes, administrar sesiones, guardar avances y evaluar su desempeño en procedimientos basados en tiempos quirúrgicos reales.

La solución fue desarrollada con Unity, C# y dispositivos Meta Quest 3, integrando un backend optimizado mediante APIs REST para manejar autenticación, roles y almacenamiento de resultados. Mediante el análisis de requerimientos técnicos y funcionales se definió la arquitectura necesaria para garantizar una experiencia fluida, segura y adaptable a entornos clínicos educativos. Posteriormente, se construyeron los módulos de gestión de usuarios, simulación por tiempos, armado de mesa Mayo y reportes automáticos, permitiendo medir errores, tiempos y etapas completadas.

La usabilidad del sistema fue evaluada mediante el modelo TAM con estudiantes y docentes de enfermería. Los estudiantes mostraron una alta aceptación, con promedios de 4.74 en Utilidad Percibida, 4.38 en Facilidad de Uso, 4.65 en Actitud hacia el Uso y 4.75 en Intención de Uso. Los docentes registraron valores aún superiores 4.97, 4.91, 4.98 y 4.98 respectivamente confirmando que el sistema es pertinente, fácil de utilizar y adecuado para su integración en entornos educativos clínicos

Palabras clave: Realidad virtual, gestión de usuarios, prácticas quirúrgicas, simulación educativa, Meta Quest 3.

ABSTRACT

Clinical practice in surgical environments requires controlled conditions and specialized resources that are not always available in nursing laboratories. To address this need, a virtual reality system was implemented focused on user management and progress tracking within simulated surgical scenarios. The project allows for student registration, session management, progress saving, and performance evaluation in procedures based on real surgical times.

The solution was developed using Unity, C#, and MetaQuest 3 devices, integrating an optimized backend with REST APIs to handle authentication, roles, and results storage. Through the analysis of technical and functional requirements, the necessary architecture was defined to ensure a fluid, secure, and adaptable experience for educational clinical environments. Subsequently, modules for user management, time-based simulation, Mayo stand setup, and automated reporting were built, allowing for the measurement of errors, times, and completed stages.

The system's usability was evaluated using the TAM model with nursing students and faculty. Students showed high acceptance, with average scores of 4.74 for Perceived Usefulness, 4.38 for Ease of Use, 4.65 for Attitude Toward Use, and 4.75 for Intention to Use. Instructors registered even higher scores—4.97, 4.91, 4.98, and 4.98, respectively—confirming that the system is relevant, easy to use, and suitable for integration into clinical educational settings.

Keywords: Virtual reality, user management, surgical practice, educational simulation, MetaQuest 3.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

APLICACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL PARA GESTIÓN DE USUARIOS Y PRÁCTICAS DE ESCENARIOS QUIRÚRGICOS EN ENFERMERÍA

Planteamiento del problema

En el transcurso de los años, la Realidad Virtual (RV) han comenzado a incorporar la simulación virtual y la realidad aumentada en la formación de enfermería quirúrgica. En el ámbito de la medicina, el ofrecer simulaciones interactivas interactuar con procedimientos clínicos en un entorno seguro y controlado. La integración de estas tecnologías se ha convertido en una herramienta clave en la formación médica, incrementando la retroalimentación y la confianza en los procedimientos antes de enfrentarse a situaciones reales [1]. La relación entre la práctica clínica y el rendimiento de los estudiantes se ha visto beneficiada por el uso de RV, ya que emerge una experiencia extensa que mejora la toma de decisiones, la precisión y la destreza de profesionales. La eficacia que tiene en el campo de la medicina puede medirse a través del nivel de confianza en la práctica clínica, como a su vez los errores cometidos en simulaciones, y mejoras en el desempeño práctico en situaciones reales.

En esta línea, investigaciones recientes han demostrado que el uso de sistemas inteligentes basados en Realidad Aumentada (RA), como el AR-IAS (Augmented Reality Intelligent System), puede mejorar significativamente la experiencia del usuario clínico. De acuerdo con el artículo [2], el sistema AR-IAS obtuvo una puntuación general de usabilidad de 75.83/100 con relación a la población total de 15 enfermeras, en la escala SUS (System Usability Scale), superando al sistema tradicional PDA (Personal Digital Assistant) que alcanzó solo 72.83/100, indicando una mejora del 4.12% en percepción global de usabilidad. Además, en cuanto a los subíndices, el aprendizaje fue calificada con 22.50/30.00, la eficiencia con 29.67/40.00 y la satisfacción con 23.67/30.00, lo que demuestra una evaluación positiva en todos los aspectos clave de usabilidad. Esta mejora no solo se traduce en aceptación

tecnológica, sino también en reducción de carga operativa, aumento de precisión y disminución del riesgo de errores humanos en tareas repetitivas como identificación de pacientes o ejecución de órdenes médicas.

En el proyecto de investigación [3], los autores desarrollaron un entrenamiento práctico de técnicas medicas fundamental en el proceso de enseñanza de los estudiantes. Sin embargo, se enfrentan con el reto de contar con un solo laboratorio con capacidad máxima de 12 personas, mientras que por cada ciclo académico normalmente existen seis cursos, lo que obliga a realizar rotaciones semanales. Esta situación limita la enseñanza directa y continua de las actividades necesarias para su formación, afectando la experiencia formativa y retrasando el desarrollo de sus habilidades. Para abordar este desafío, la universidad busca integrar tecnologías innovadoras, como la simulación en realidad virtual (RV).

Mediante este contexto, los estudiantes de enfermería de la Universidad Técnica de Ambato (UTA) de la Facultad de Ciencias de la Salud (FCS), los entornos actuales de simulación no permiten conservar los datos personales ni el progreso alcanzado dentro de las prácticas de realidad virtual. La falta de un sistema que registre de manera permanente la información y que permita reanudar las sesiones. Como también la limitación del seguimiento del docente como el tiempo real el desempeño y los avances individuales de cada estudiante durante la simulación. Esta situación afecta con la continuidad del aprendizaje y la formación dentro del entorno virtual. Se busca incorporar una aplicación con realidad virtual que no solo permita en la identificación y el orden correcto de los instrumentos quirúrgicos, sino que además los datos personales, almacene el progrese del estudiante, facilite el seguimiento del docente, garantizando una experiencia más completa, segura y continua.

1.2 Antecedentes investigativos

Según un artículo [4], se aplicó un estudio cuasiexperimental se analizó la relación entre el aprendizaje y la implementación con RV en estudiantes por parte de enfermería. Para aquello, se realizaron tipos de evaluaciones Pre/Post Test y un t-test, como cuestionarios estructurados y diferentes pruebas de desempeño en el ámbito clínico. El entorno de RV se ofreció un alto nivel en el realismo visual y retroalimentación, también permitió a los usuarios interactuar con diferentes

representativos elementos en un entorno clínico y favoreciendo así la experiencia inmersiva. En los resultados se identificaron ciertas mejoras significativas una de ellas es el rendimiento de los 48 participantes tras el uso de RV. También para complementar el estudio, con 61 estudiantes de medicina se evaluó el uso de simuladores de laparoscopia y cirugía robótica, encontrando mejoras significativas en el post-test en los grupos que entrenaron con RV ($p=0.033$ y $p=0.004$). También se observó un mayor porcentaje de ejecución correcta de procedimientos (89.5% en laparoscopia y 81% en robótica, frente a 52.4% en el grupo control).

El artículo [5], se presentó una propuesta pedagógica basada en la simulación como estrategia para fortalecer las competencias clínicas en estudiantes de enfermería. La metodología implementó recursos tecnológicos como videos en 360°, escenarios clínicos virtuales y maniquíes, integrando dispositivos de Realidad Virtual (RV) para generar experiencias inmersivas. El enfoque pedagógico se fundamentó en modelos de aprendizaje activo, específicamente en la teoría experiencial de Kolb y en los principios de reflexión en la acción propuestos por Schön. Estos entornos simulados permitieron la interacción con situaciones hospitalarias complejas, como unidades de cuidados intensivos y áreas de emergencia. No obstante, el estudio no detalló el software empleado ni la población específica, y el entorno tecnológico utilizado presentó un nivel de realismo medio-alto, sin precisar la exactitud de la retroalimentación visual.

Según el artículo [6], se evaluó el uso de un entorno de realidad virtual (RV) en los procesos de aprendizaje, estructurado metodológicamente en fases de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. Aunque el tema central se relaciona con la enseñanza de programación orientada a objetos, el estudio fue aplicado a 103 estudiantes, de los cuales se destacaron 30 estudiantes de enfermería, lo que evidencia la versatilidad de la Realidad Virtual (RV) en contextos no técnicos. El diseño cuasi-experimental incluyó pruebas Pre/Post Test y una evaluación cuantitativa mediante el cuestionario USE (Usefulness, Satisfaction, Ease of Use, Ease of Learning), con escala Likert de 7 puntos. Los resultados indicaron niveles altos de aceptación y satisfacción: una puntuación media de 6.26 sobre 7 (equivalente al 90.94% en escala de 0 a 100), con valores específicos como 95.15% en facilidad de aprendizaje y 96.23% en

satisfacción. Además, se encontró una relación estadísticamente significativa entre la facilidad de aprendizaje y la satisfacción del estudiante ($t=7.072$, $p<0.05$), así como entre la utilidad percibida del sistema y la satisfacción ($t=2.720$, $p<0.05$). El análisis ANOVA (Analysis of Variance) arrojó un resultado global significativo ($F=77.508$, $p<0.05$), explicando un 70.1% de la variabilidad en la satisfacción de los estudiantes por las variables evaluadas. La simulación se desarrolló con Unity con gafas virtuales Google Cardboard.

Según el artículo [7], se aplicó un diseño experimental para enfermería y medicina. Este incorporó un grupo control y cuestionarios pre y post intervención, junto con pruebas prácticas para medir el aprendizaje. La simulación se enfocó en el entrenamiento de control de infecciones hospitalarias en un entorno clínico virtual desarrollado en Unity, visualizado con gafas de realidad virtual (RV) y sensores de movimiento. El sistema ofreció un alto nivel de realismo visual y proporcionó retroalimentación tanto visual como háptica, generando una experiencia inmersiva. La intervención fue aplicada a 80 estudiantes de enfermería, distribuidos equitativamente entre el grupo experimental y el grupo control. Los resultados demostraron mejoras significativas en el rendimiento del grupo expuesto a la simulación en RV. Este hallazgo se refuerza con una revisión sistemática que analizó 26 estudios, con un total de participantes que osciló entre 10 y 207 estudiantes (media: 59; desviación estándar: 49.9). En estos, la mayoría (73%) aplicó pruebas de desempeño clínico como los OSCEs (Objective Structured Clinical Examination) dentro del entorno RV. El nivel taxonómico más abordado fue el de "demostración de desempeño", y el 65% de las evaluaciones fueron automatizadas, es decir, realizadas por el sistema de RV sin intervención humana. Además, el 31% de los estudios alcanzaron altos estándares metodológicos, con puntuaciones en el instrumento de Calidad de Estudios de Investigación en Educación Médica (MERSQI) ≥ 14.

En el artículo [8], se describió la implementación de una experiencia de simulación clínica mediante realidad virtual, orientada al fortalecimiento de competencias en situaciones de emergencia neonatal. El diseño fue descriptivo con aplicación práctica, combinando observación directa y análisis cualitativo de las experiencias de los participantes. La solución tecnológica integró videos en 360°, entornos simulados y

gafas de Realidad Virtual (RV), todo estructurado bajo el modelo VR-SIMI (Virtual Reality- Semi-Immersive), que incorpora dimensiones emocionales y reflexivas al aprendizaje. Aunque no se detalló el número exacto de participantes en este estudio específico, una revisión sistemática que incluyó 26 estudios relacionados con RV en educación médica y de enfermería reveló que el tamaño muestral de estos estudios varió entre 10 y 207 estudiantes.

En el artículo [9], se presentó un enfoque cuasi-experimental enfocado en el diseño y evaluación de un sistema de simulación clínica en realidad virtual (RV), dirigido a la enfermería. La investigación comparó el rendimiento de los estudiantes que utilizaron simuladores de RV con aquellos que siguieron métodos tradicionales, aplicando cuestionarios pre y post-test para evaluar habilidades prácticas. La simulación se basó en escenarios de emergencia, utilizando gafas de RV junto con maniquíes para crear un entorno de alta fidelidad visual con retroalimentación. La muestra incluyó a 289 estudiantes de enfermería, lo que fortaleció la validez estadística de los hallazgos. En el marco de una revisión sistemática de 70 estudios, se recopilaron datos de un total de 8348 participantes, de los cuales el 63% de los estudios fueron cuasi-experimentales y el 37% fueron ensayos controlados aleatorios. El 96% de estos estudios evaluó el rendimiento académico, y el 85% de las intervenciones con gamificación y el 82% con juegos serios mostraron mejoras significativas. El tamaño del efecto global fue alto (d=0.99; IC 95%: 0.53, 1.44), destacando un mayor impacto en el rendimiento académico teórico (d=1.06; IC 95%: 0.55, 1.57) que en las habilidades prácticas (d=0.54; IC 95%: 0.06, 1.03).

Según el artículo [10], se examinó la aplicación de tecnologías inmersivas de realidad virtual (RV) en el área de las ciencias de la salud. El estudio adoptó un enfoque cuasi-experimental, utilizando gafas Oculus Rift en una simulación clínica virtual que recreaba una sala de urgencias. La intervención se aplicó a 60 estudiantes de enfermería, distribuidos equitativamente entre un grupo experimental y un grupo control, y los resultados se evaluaron mediante cuestionarios pre y post-test. El entorno presentó un nivel de realismo visual medio-alto, con retroalimentación visual, aunque no se detalló el software utilizado. Los resultados mostraron mejoras significativas en el grupo que usó la RV, lo que evidenció su efectividad para el desarrollo de

conocimientos clínicos. Los 28 estudios analizados en la revisión incluyeron un total de más de 800 participantes, con muestras que variaron entre 3 y 122 sujetos por estudio, siendo los estudiantes de medicina y enfermería los principales involucrados. Los autores aplicaron pruebas estadísticas como chi-cuadrado (X2) y Fisher para determinar asociaciones entre variables categóricas, encontrando una tendencia positiva no significativa (p=0.052) en la mejora del desempeño atribuida al uso de la RV. Las evaluaciones se centraron cuantitativamente en variables como el rendimiento (57.14%), el compromiso (10.7%) y ambos combinados (17.9%), mostrando efectos aumentados en el 57.14% de los estudios y efectos positivos en el 35.71%.

Los resultados del artículo [11], se analizaron los resultados del uso de tecnologías inmersivas en la formación clínica, enfocándose en cómo la realidad virtual (RV) puede mejorar tanto la educación como la atención al paciente. El estudio adoptó un enfoque descriptivo, con recolección de datos a través de observación directa y entrevistas a 25 estudiantes de enfermería. La intervención se realizó en una sala de procedimientos simulada, utilizando el visor HTC Vive y maniquíes clínicos, junto con un entorno virtual desarrollado en Unity. La experiencia combinó la simulación de RV con prácticas clínicas presenciales, logrando un alto nivel de realismo visual y háptico. La evaluación del aprendizaje se realizó mediante rúbricas y observación directa del desempeño de los participantes. Los datos se validaron con un test de comparación pre y post intervención, utilizando métricas estandarizadas de desempeño observacional. Los investigadores incluyeron una muestra de 25 estudiantes, de los cuales el 84% reportó una mejora en su desempeño clínico inmediato tras la simulación. El análisis cuantitativo identificó un aumento promedio del 15% en la puntuación de desempeño según la rúbrica aplicada.

Se observa en el artículo [12], se observó el uso de dispositivos móviles de realidad virtual como herramienta para la enseñanza del autocuidado en estudiantes de enfermería de primer año. El enfoque metodológico fue cualitativo, basado en entrevistas y diarios de campo, y evaluó una experiencia de entrenamiento autónomo con una aplicación ejecutada en smartphones con visores tipo Cardboard. El entorno virtual, de baja a media fidelidad, proporcionó retroalimentación visual y facilitó la autoevaluación del usuario después de interactuar con los contenidos. Aunque no se

especificó el software de desarrollo, se destacó la accesibilidad de la plataforma, lo que la hace aplicable en contextos educativos con recursos limitados. La muestra consistió en 15 estudiantes, quienes reportaron una experiencia positiva respecto a la utilidad del sistema en la comprensión de prácticas de enfermería. Por otra parte, el sistema NursingXR fue evaluado mediante un estudio mixto que incluyó a 78 participantes (entre novatos y expertos), de los cuales aproximadamente el 70% eran estudiantes de enfermería en formación inicial. Los resultados cuantitativos indicaron que el 86.5% de los participantes completaron correctamente los procedimientos simulados en modo de evaluación. Además, los datos mostraron una correlación positiva entre la práctica repetida y la reducción de errores, con un incremento promedio del 18% en la puntuación de desempeño después de dos sesiones.

Los resultados del artículo [13], se abordó un entorno de entrenamiento clínico, centrándose en la simulación virtual aplicada en escenarios quirúrgicos. La intervención adoptó un enfoque cuasi-experimental y se aplicaron pruebas pre y post-test para evaluar el aprendizaje de 51 estudiantes de enfermería. Los investigadores seleccionaron los estudios aplicando criterios PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews) y realizaron análisis descriptivos con base en datos de 246 registros iniciales, de los cuales 51 estudios cumplieron con los criterios de calidad. Los estudiantes interactuaron con gafas de realidad virtual (RV) conectadas a ordenadores, utilizando modelos artificiales en el 51% de los casos, modelos orgánicos en el 16% y modelos no especificados en el restante. El 71% de los estudios aplicaron evaluaciones objetivas, principalmente mediante métricas como tiempo de ejecución, longitud de trayectorias y puntuaciones en formularios estandarizados como OSATS (Objective Structured Assessment of Technical Skills) y GOALS (Objectives, Action, Learning, and Support). Los sistemas de realidad aumentada emplearon dispositivos tipo AR video (84%) y dispositivos ópticos (12%). El 90% de los estudios incluyó algún tipo de sensorización, predominando la visión computarizada (46%) y el seguimiento de instrumentos (63%). Los resultados cuantitativos mostraron mejoras significativas en las habilidades técnicas, reducción del tiempo de ejecución y mayor precisión en tareas como sutura (44% de los estudios).

En [14], se presenta una revisión de experiencias experimentales cuantitativas sobre el uso de tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual en la enseñanza de maniobras de reanimación cardiopulmonar (RCP) a estudiantes de enfermería. La intervención educativa se llevó a cabo mediante una aplicación desarrollada en Unity y ejecutada con gafas de realidad virtual Oculus Rift, creando un entorno de alta fidelidad visual que simulaba escenarios clínicos básicos de RCP. La evaluación del aprendizaje se realizó a través de un cuestionario validado, aplicado antes y después de la intervención, lo que permitió medir objetivamente la mejora en las habilidades prácticas de los estudiantes. La muestra estuvo compuesta por 90 estudiantes de primer año, quienes demostraron avances significativos en sus conocimientos y destrezas clínicas tras utilizar el entorno inmersivo. Además, los autores realizaron una revisión sistemática de 30 estudios publicados entre 2019 y 2024, seleccionados mediante criterios de inclusión que consideraban la presencia de realidad aumentada en entornos clínicos y la disponibilidad de acceso completo. El 100% de los estudios incluidos reportó mejoras cuantitativas en la retención del conocimiento y en el desarrollo de habilidades clínicas, especialmente en procedimientos como la inserción intravenosa, donde se observaron incrementos en la precisión del procedimiento y reducción de errores. Uno de los estudios analizados registró que el 77.2% de los estudiantes consideró que la aplicación basada en AR era fácil de entender y útil para el aprendizaje.

En el artículo [15], se describe el desarrollo de un editor de sesiones y escenarios 3D para entrenamiento en enfermería mediante Realidad Virtual (RV). El sistema emplea tecnologías avanzadas como Unity y Unreal Engine, lo que permite la creación de entornos clínicos personalizables, tales como quirófanos, UCI (Unidad de Cuidados Intensivos) y consultas médicas. Este sistema es compatible con diversas plataformas de RV, como HTC Vive y Oculus, y proporciona a los estudiantes de salud una experiencia inmersiva que incluye interacciones tanto visuales como hápticas. Además, el sistema incorpora métodos de evaluación del aprendizaje en múltiples formatos. Sin embargo, el artículo no presenta una población específica ni la precisión del sistema.

En el artículo [16], se observó la integración de la RV en la educación médica, abarcando aplicaciones en áreas como cirugía y emergencias. Para esto, se utilizaron

simuladores quirúrgicos y salas clínicas virtuales simuladas. Aunque no se especificaron las plataformas y herramientas exactas, se destacó el uso de tecnologías visuales y hápticas, que mejoran la experiencia inmersiva para los estudiantes. También se consideró la satisfacción del usuario como un criterio clave. En esta revisión se analizaron 69 estudios publicados entre 2012 y 2022, de los cuales el 43.5% correspondieron a entrenamientos quirúrgicos y el 13% a medicina de emergencias. El 39.1% de las revisiones reportaron mejoras en la adquisición de habilidades y conocimientos, mientras que el 57.9% mostraron reducciones significativas en el tiempo de ejecución de procedimientos. Además, el 27.5% de los estudios incluidos reportaron reducciones en tasas de error, y el 18.8% evidenciaron validez de transferencia entre el entorno virtual y la práctica clínica real. Solo el 10.1% de los estudios utilizaron diseños cuasi-experimentales con pretest y postest, pero el 94.2% de las revisiones mencionaron algún tipo de evaluación objetiva.

Según el artículo [17], la simulación médica mediante realidad aumentada y realidad virtual se utiliza para la formación en áreas clave como cirugía, anatomía y procedimientos médicos. Estas tecnologías permiten la creación de entornos 3D interactivos, facilitando la enseñanza de habilidades prácticas a través de simulaciones detalladas. Aunque no se especifican las plataformas y herramientas exactas, se destaca el uso de tecnologías visuales y hápticas que mejoran la inmersión. Estas tecnologías permiten una interacción más realista en los entornos simulados. La evaluación se centra en un enfoque observacional, lo que permite que los estudiantes desarrollen sus competencias en un entorno seguro. Sin embargo, el artículo no presenta una población específica ni la precisión de los datos

En el artículo [18], el uso de tecnologías inmersivas en la educación para estudiantes de enfermería abarcó simulaciones clínicas virtuales en diversos entornos como emergencias, UCI, salas de hospital, hogares y partos. Las plataformas utilizadas incluyeron dispositivos de visualización como HMDs (Head-Mounted Displays) y aplicaciones de realidad aumentada (AR) para móviles, lo que facilitó la inmersión de los estudiantes en escenarios clínicos simulados. La evaluación del impacto de estas tecnologías se llevó a cabo mediante los enfoques GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) y Kirkpatrick, que se centran en aspectos como la usabilidad, el conocimiento adquirido y el razonamiento

clínico. El estudio analizó 23 investigaciones realizadas entre 2018 y 2023, con tamaños de muestra que oscilaron entre 33 y 289 estudiantes por estudio. Los resultados mostraron que el 82.6% de los estudios utilizaron RV, mientras que el 17.4% emplearon AR. La precisión de los resultados se evaluó mediante análisis de subgrupos: en estudios controlados aleatorizados, la tecnología inmersiva mostró una mejora significativa en el conocimiento, con un tamaño del efecto de 0.59 (IC 95%: 0.28–0.90; P<0.001; I2=49%). Además, la confianza se incrementó con un tamaño del efecto de 0.70 (Intervalo de Confianza del 95%: 0.05–1.35; P=0.03), y la autoeficacia alcanzó un tamaño del efecto de 0.86 (IC 95%: 0.42–1.31; P<0.001).

En el artículo [19], se observó que los sistemas de simulación quirúrgica incluyen plataformas 3D y entornos virtuales como Second Life para simular situaciones clínicas hospitalarias complejas. En la validación de un simulador de realidad aumentada (AR) desarrollado por el Laboratorio de Física Médica de la Universidad de Atenas, participaron 20 personas: 10 cirujanos expertos y 10 sin experiencia en laparoscopia. Cada participante completó tres tareas (navegación de instrumentos, transferencia de anillos y aplicación de clips) en dos sesiones. El sistema registró datos objetivos como el tiempo de finalización, la longitud de la trayectoria de los instrumentos y los tipos de errores cometidos. En todas las tareas, los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) entre expertos y novatos en cada métrica medida, lo cual demostró la validez de constructo del simulador.

Según el artículo [20], se realizó un estudio cuasi-experimental con 18 médicos en formación, divididos aleatoriamente en dos grupos: 10 participantes utilizaron RV y 8 participaron en simulación con maniquí. La simulación virtual se desarrolló con gafas Oculus Quest 2 y el software Oxford Medical Simulation, presentando un caso clínico agudo de neumotórax. La evaluación se realizó mediante pruebas de desempeño tipo OSCE (Objective Structured Clinical Examination) y ARS (Academic Resilience Scale), utilizando un diseño de pre y post-test. Los resultados mostraron que los participantes del grupo de RV obtuvieron puntuaciones significativamente más altas en la prueba general (74.30% ± 5.08%) en comparación con el grupo de simulación (59.75% ± 10.14%), con un valor de p=0.04. Además, en habilidades técnicas, el grupo de RV alcanzó una puntuación media de 77.20% (± 8.01%), superior al 65% (± 8.21%)

del grupo de simulación, con un valor de p=0.01. Aunque el grupo de simulación fue más rápido en completar el escenario (media de 11:51 min frente a 13:46 min en RV), solo el grupo de RV mostró una mejora estadísticamente significativa en su puntuación ARS (de 17.50 ± 2.88 a 19.10 ± 3.18, con un valor de p=0.01).

En los resultados del artículo [21], se realizó un estudio cuasi-experimental para evaluar la efectividad de la realidad virtual (RV) en el entrenamiento quirúrgico. El estudio comparó un grupo de control con un grupo experimental, en el que 61 estudiantes de enfermería utilizaron un visor de RV HMD (Head-Mounted Display) y un simulador para entrenar en un entorno clínico virtual. La comparación pre/post-test evaluó variables como la motivación, el razonamiento clínico y la autoeficacia a través de cuestionarios. Los resultados indicaron una alta efectividad de la simulación de RV en la mejora de estas habilidades, con un énfasis en la experiencia visual. Este enfoque proporciona a los estudiantes una forma inmersiva y práctica de aprender procedimientos quirúrgicos complejos, mejorando su confianza y capacidad para aplicar conocimientos clínicos en escenarios reales. El estudio contó con una muestra de 9 participantes, todos sin experiencia previa en realidad virtual. Los resultados cuantitativos mostraron que cuatro de los nueve participantes obtuvieron mejoras superiores al 50% en su puntuación. Además, la aplicación fue evaluada con la escala de usabilidad del sistema (SUS), obteniendo una puntuación de 85.44, lo cual la clasifica como una herramienta excelente y recomendada según los estándares internacionales.

Según el artículo [22], se realizó un estudio cuasi-experimental con diseño pretest-postest para evaluar un curso de cirugía de emergencia y esencial mediante realidad virtual (RV). El curso utilizó un visor de RV y animaciones en 3D desarrolladas con Unity para simular procedimientos clínicos. Los estudiantes de enfermería rindieron pruebas antes y después de la intervención para medir el impacto del entrenamiento. Los resultados evidenciaron una mejora en el conocimiento, destacando la efectividad de la capacidad visual como herramienta de aprendizaje. Participaron 617 personas, incluidos 115 estudiantes de Kampala que usaron visores de RV de bajo costo y 502 asistentes remotos (la diferencia entre 617 y 115) que accedieron al curso por GoToWebinar y YouTube. Más del 60% de los estudiantes reportó una mejora en su desempeño clínico gracias al uso de la RV.

En el artículo [23], se realizó una revisión sistemática sobre el uso de dispositivos de realidad aumentada, mixta y virtual en la educación médica, especialmente en pediatría y manejo de crisis asmáticas. El programa de simulación fue evaluado mediante métodos cualitativos y cuantitativos, usando gafas de RV y un entorno creado en Unity. Alrededor de 30 estudiantes de enfermería pediátrica realizaron pruebas de conocimiento y participaron en entrevistas para evaluar la efectividad del programa. Los resultados demostraron una alta efectividad de la simulación, destacando la experiencia visual y háptica como elementos clave para el aprendizaje. La revisión incluyó 27 estudios con 956 participantes, mayoritariamente estudiantes de medicina y residentes. La intervención basada en gafas de RV o RA fue considerada efectiva en el 63% de los estudios, parcialmente efectiva en el 15%, útil solo como complemento en otro 15%, y sin efectividad en apenas el 7%.

Según el artículo [24], se realizó un estudio cuasi-experimental para evaluar el impacto de la simulación en realidad virtual (RV) en la mejora de las competencias de los estudiantes de enfermería. El estudio utilizó escenarios en 3D y equipos de RV (gafas y mandos) en una plataforma llamada VRNurseSim. Se comparó un grupo experimental, que utilizó RV, con un grupo de control, mediante cuestionarios y evaluación práctica. La simulación se centró en procedimientos de enfermería y se evaluó a través de rúbricas. Los 32 estudiantes de tercer año (16 por grupo) mostraron una mejora significativa en las competencias de enfermería en el grupo experimental. La investigación tuvo una evaluación de impacto medio-alto, principalmente a través de la experiencia visual y la interacción práctica. Los resultados revelaron un efecto grande y significativo (Hedge's $g = 0.88$), lo que destaca la efectividad de las intervenciones breves e intensivas.

Como se observa en el artículo [25], se presenta un estudio experimental en el que se compararon dos enfoques de aprendizaje utilizando realidad aumentada para mejorar las competencias de los estudiantes de enfermería en el manejo de úlceras en las piernas. Se emplearon cascos de realidad virtual HTC Vive y sensores de movimiento, con el software Custom SimVR, para crear una simulación de urgencias en un entorno virtual de alto realismo visual y háptico. El diseño experimental incluyó una medición

de desempeño a través de una evaluación práctica y observación directa, utilizando una lista de verificación de desempeño para evaluar la habilidad de los estudiantes. El estudio incluyó a 28 estudiantes y evaluó el desempeño mediante observación directa y listas de verificación. En total, participaron 183 estudiantes de la Universidad de Santiago de Compostela, divididos en grupos en línea (n = 111) y presenciales (n = 72). Ambos grupos realizaron un recorrido virtual con estaciones integradas en Moodle y pruebas de conocimiento antes y después de la intervención. El grupo en línea mostró una mejora significativa en el postest, pasando de un promedio de 9.87 a 17.64 puntos.

En el artículo [26], se comparan dos métodos de enseñanza en la educación de enfermería: la instrucción presencial y el video 360° en realidad virtual (RV). La simulación se centra en áreas como enfermería clínica, cuidados críticos y salud mental, utilizando cascos de RV y simuladores. Se emplearon diversas plataformas, como Second Life y una RV personalizada, con un realismo visual y háptico de nivel medio-alto. La evaluación del aprendizaje se realizó mediante un enfoque cualitativo, evaluando tanto el desempeño como la percepción de los estudiantes. El estudio involucró a 30 estudiantes de enfermería y mostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el desempeño de habilidades (medianas: RV = 56.0; presencial = 56.5; p = 0.700) ni en conocimiento teórico (medianas: RV = 15; presencial = 16; p = 0.952). Sin embargo, el grupo presencial reportó mayor satisfacción, con una diferencia estadísticamente significativa (mediana RV = 16.5; presencial = 20; p = 0.001). En cuanto a la confianza, no se encontró diferencia significativa (mediana RV = 30; presencial = 32; p = 0.273).

En el artículo [27], se evalúa la efectividad y viabilidad de la simulación virtual en la educación de enfermería. La intervención se enfoca en diversas situaciones clínicas, utilizando mundos virtuales como Second Life y simuladores en 3D, con un nivel de realismo visual medio. La metodología empleada para la evaluación integra tanto evaluaciones prácticas como encuestas de percepción, lo que permite medir el impacto de la simulación en el aprendizaje de los estudiantes. Aunque no se especifica la población exacta, el estudio incluyó una muestra total de 675 estudiantes de enfermería, distribuidos entre un grupo de intervención de realidad virtual (n = 393) y un grupo de control de simulación tradicional (n = 282). Las encuestas posteriores a la intervención revelaron una mayor motivación, percepción de conocimiento y

preparación clínica en el grupo de RV en comparación con el grupo de control ($p < 0.001$). El análisis de usabilidad del sistema JasperVR obtuvo una media de 4.22 sobre 5 en facilidad de uso. Además, se reportó que la simulación virtual fue más económica (USD $3,350 por módulo/año) en comparación con la simulación tradicional (USD $18,670 por módulo/año).

En el artículo [28], se describe un estudio cuasi-experimental y un RCT (Randomized Controlled Trial) que desarrolló y evaluó una simulación de soporte vital básico en realidad virtual (RV) para estudiantes de enfermería. La intervención se llevó a cabo a través de una plataforma web en 3D llamada CliniSim, con un alto nivel de realismo visual. En total, participaron 42 estudiantes en el estudio. El cuestionario de conocimientos mostró un incremento en la mediana de 6 a 10 puntos. La lista de verificación de habilidades BSC (Balanced Scorecard), con una puntuación máxima de 50, arrojó una mediana de 50 puntos en el grupo experimental frente a 41 en el grupo de control. Aunque ambos grupos mostraron alta satisfacción (mediana de 30), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en este aspecto ($Z = -0.31$, $p > 0.05$).

En el artículo [29], se explora la combinación de simulación virtual e inmersiva con simulación presencial para el entrenamiento del juicio clínico en estudiantes de enfermería de tercer año. El estudio, de enfoque mixto (cuasi-experimental y cualitativo), utilizó la plataforma vSim y una sala de simulación presencial en un diseño secuencial explicativo. La simulación fue de alta fidelidad, utilizando tanto simulaciones no inmersivas como de simulación presencial. El software empleado fue vSim for Nursing, con un realismo visual medio-alto. La evaluación del aprendizaje se llevó a cabo mediante pre/post-test y grupos focales, utilizando herramientas como LCJR (Lasater Clinical Judgment Rubric), SDS (Social Desirability Scale), EPSS (Electronic Performance Support System) y SSS (Skill Scoring System). Los 122 estudiantes participaron en un proceso de evaluación mediante pre/post-test y grupos focales. Los autores asignaron a 61 estudiantes al grupo de intervención y a 61 al grupo de control. Ambos grupos mejoraron su puntuación total de juicio clínico según la escala LCJR, pero el grupo integrado obtuvo mejores resultados. Las pruebas estadísticas aplicadas incluyeron la t de Student y mostraron diferencias significativas

en varios dominios del juicio clínico. La alta fiabilidad del instrumento LCJR, con un alfa de Cronbach de 0.953, respaldó la validez de los resultados.

En el artículo [30], se presenta una evaluación mixta (cuantitativa y cualitativa) de recursos reutilizables en realidad virtual (RV) para el entrenamiento de habilidades clínicas. La simulación interactiva se llevó a cabo en RV móvil, utilizando gafas con smartphone y empleando recursos como videos de 360° y animaciones. El estudio se diseñó con concreción bajo el marco ASPIRE. La evaluación se realizó mediante encuestas de usabilidad y presencia, utilizando modelos como SUS (System Usability Scale), TAM (Technology Acceptance Model) y UTAUT2 (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2), así como un grupo focal para obtener retroalimentación cualitativa. La evaluación del aprendizaje se centró en el impacto en la usabilidad y presencia. Los 136 estudiantes de medicina y enfermería que participaron mostraron que los recursos de RV móviles de realismo visual medio eran efectivos en el entrenamiento de habilidades clínicas. En el escenario de escisión de lesión cutánea, se observó un efecto significativo en el grupo experimental ($F = 16.6$, $p = 0.001$), evidenciando una mayor eficacia de la RV sobre los apuntes tradicionales. Las puntuaciones de usabilidad fueron altas: el SUS general fue de 68.2 (por encima del promedio), destacando el CYENS (Centre of Excellence) con 72.3. La presencia percibida fue de moderada a alta (media = 4.5/7). En el modelo TAM, más del 90% de los participantes manifestaron percepciones positivas sobre la utilidad de la tecnología.

Según el artículo [31], se presenta un estudio cuasi-experimental con un diseño crossover para comparar los efectos de aprendizaje entre simulaciones virtuales y de alta fidelidad en estudiantes de enfermería. Se utilizó la plataforma web vSim® for Nursing y un maniquí de alta fidelidad Laerdal vSim para realizar simulaciones tanto virtuales como presenciales. El estudio se basó en una comparación entre grupos con distintos órdenes de simulación, evaluando a los estudiantes mediante pre/post-test. Las simulaciones combinaron escenarios virtuales y de alta fidelidad, con un nivel de realismo visual medio. La evaluación del aprendizaje incluyó aspectos como problemas clínicos, razonamiento, reflexión, satisfacción y autoconfianza. Los 52 estudiantes de enfermería participantes mostraron mejoras en estas áreas, evidenciando la efectividad de ambos tipos de simulación. El grupo que inició con simulación virtual obtuvo mayores puntuaciones en pensamiento reflexivo ($z = 3.52$,

$p < 0.001$; $d = 0.91$) y autoconfianza ($z = 2.47$, $p = 0.013$; $d = 0.72$). También mostró mejoras en razonamiento clínico ($z = 2.16$, $p = 0.031$) y resolución de problemas ($z = 2.76$, $p = 0.006$). Los investigadores utilizaron instrumentos validados con altos valores de fiabilidad, como un alfa de Cronbach de 0.91 para razonamiento clínico y 0.92 para satisfacción.

Como se observó en el artículo [32], se presenta un ensayo controlado aleatorio para evaluar si el entrenamiento en simulación NIVR (non-immersive virtual reality) mejora la competencia de los enfermeros profesionales en salas de aislamiento para enfermedades infecciosas. El estudio utilizó PC o dispositivos móviles con entornos NIVR, creados con Unreal Engine 5, y se diseñó con un grupo de control y un grupo de intervención. La simulación no inmersiva tuvo un alto nivel de realismo visual. La evaluación del aprendizaje incluyó pre/post-test, junto con un OSCE (Objective Structured Clinical Examination) y una evaluación práctica por estaciones. El estudio reclutó a 90 enfermeros calificados de tres hospitales en China, quienes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de control y un grupo de intervención (45 enfermeros por grupo). El grupo que recibió entrenamiento con NIVR completó las tareas en menos tiempo total (media = 40.77 min, DE = 2.85) que el grupo de control (media = 43.91 min, DE = 2.99), con una diferencia significativa ($t(88) = 5.10$, $p < 0.001$, $d = 1.08$).

1.3 Fundamentación teórica

En el presente trabajo se enmarcó, se abordó diferentes tipos y conceptos clave, junto con las investigaciones previas directamente relacionadas con el problema de estudio. Para el desarrollo de este proyecto, se consideró fundamental la revisión de proyectos anteriores que aborden el problema, así como la profundización en el marco conceptual que sustenta los antecedentes investigativos y el respectivo marco teórico.

1.3.1 Gestor de base de datos en entornos de realidad virtual

Para el gestor de base de datos en entornos de RV almacena, organiza y gestiona los datos la información importante para la experiencia RV inmersiva. A diferencia de otros bases de datos 2D, este gestor de base de datos se debe manejar los datos

complejos como en 3D, la forma de interacciones de usuarios, los estados del mundo virtual y la ubicación en tiempo real. Estos sistemas son esenciales ya que ayudan a la persistencia de datos, los diferentes controles de accesos, la seguridad en la respectiva información e integración de múltiples usuarios como mediante experiencias colaborativas [33]. Entre los diferentes tipos de bases de datos para proyectos de RV, presentan a continuación:

- MySQL (Relacional): Este gestor es uno de los más usados globalmente. La eficiencia en grandes volúmenes de datos y también a la compatibilidad lo han hecho como una de las herramientas más versátiles para proyectos de RV. Permite estructurar la información en tablas y hacer las respectivas relaciones, lo cual facilita el almacenamiento de datos de usuarios, configuraciones y estados del sistema [34].

- MongoDB (No relacional): Este gestor almacena la respectiva información en un formato flexible BSON (JSON binario). Su flexibilidad es adecuada si se requiere usar datos dinámicos y en tiempo real, como por ejemplo interacciones y posiciones en 3D. Esto es debido a su escalabilidad horizontal, lo hace más apropiado para aplicaciones de RV con muchos usuarios concurrentes es decir conectados simultáneamente [35].

- PostgreSQL (Relacional): Este sistema de código abierto es conocido por su nivel de complejidad y su soporte para consultas robustas. Para el ámbito de RV, la capacidad de manejar datos espaciales y geográficos mediante extensiones, lo pueden convertir en una opción fuerte cuando es de localización y también en el movimiento de avatares son fundamental esenciales [36].

- Firebase (Nube): Esta plataforma por Google que integra y una sincronización con los datos de forma instantánea basado en la nube. Para entornos de RV, posibilita experiencias colaborativas e interactivas al momento de actualizar la información entre usuarios. Como también, su integración con servicios de autenticación y almacenamiento es ideal para desplegar de manera rápida y con soporte para múltiples tipos de dispositivos [37].

1.3.2 Gestor de usuarios en entornos de realidad virtual

En la parte de gestión de usuarios es el proceso que permite controlar el acceso, la autenticación, los roles correspondientes y las actividades de quienes pueden interactuar en el sistema. En los entornos RV, esta gestión se considera un fundamental paso para cada tipo de usuario que quiera disponer la experiencia personalizada y segura, en función de sus permisos correspondientes [38]. Para el proyecto realizado, la gestión de usuarios permite registrar a los estudiantes de enfermería y monitorear sus prácticas en un entorno quirúrgico. Este proceso posibilita darle seguimiento de manera individual para su aprendizaje y los pasos a seguir para realizar los procedimientos ejecutados durante del sistema. Por otro lado, la segmentación por roles nos permite controlar las funcionalidades para acceder a cada cierto tipo de grupo, diferenciando, por ejemplo, entre estudiantes, docentes y administradores [39]. Entonces, la gestión de usuarios no solo permite reforzar la seguridad del sistema sino también a la optimización de los procesos entre enseñanza y aprendizaje brindando un control integral para el desempeño de cada estudiante dentro de las simulaciones de RV [40].

1.3.3 Registro de resultados en desarrollo de prácticas de escenarios quirúrgicos con RV

El registro de resultados es una técnica que permite recopilar y almacenar la información generada por los usuarios durante el desarrollo de prácticas clínicas simuladas. Estos registros pueden incluir datos como la secuencia de pasos ejecutados, el tiempo empleado en cada procedimiento, la selección de instrumentos y la toma de decisiones clínicas, los cuales son esenciales para medir el desempeño individual. En este proyecto, el sistema implementado en Unity integrará un módulo específico para registrar automáticamente los resultados obtenidos durante las simulaciones quirúrgicas. La información recopilada será almacenada en la base de datos del sistema, lo que permitirá analizar de manera detallada el progreso de cada estudiante y generar métricas de rendimiento académico. El registro de resultados clínicos no solo contribuye a la retroalimentación inmediata, sino que también fortalece la evaluación formativa y el monitoreo continuo del aprendizaje. Este proceso fomenta la mejora

progresiva de las competencias clínicas en entornos simulados, convirtiéndose en un recurso clave para la enseñanza en ciencias de la salud [41].

1.3.4 Clasificación de software en entornos virtuales

El software empleado en el desarrollo de entornos RV desempeña un papel bien importante en el sistema, ya que todo es a la calidad gráfica, la forma de interacción, la escalabilidad y la capacidad de integrar frente a otros sistemas. La RV aplicada al área de ciencias de la salud, diversas plataformas han sido utilizadas para diseñar simulaciones clínicas y quirúrgicas.

- La plataforma Unity revisada en la revisión de literatura se posiciona como una de las más relevantes ya que es gracias a su motor gráfico más complejo, la forma como su interfaz es intuitiva y su compatibilidad con ciertos dispositivos, incluyen los visores de RV. En la revisión de literatura, Unity fue utilizada en siete artículos [6], [7], [9], [11], [14], [22], [23]. Su capacidad para adaptarse y permitir construir escenarios quirúrgicos muy realistas, integra para poder registrar los resultados clínicos, operaciones e instrumentos quirúrgicos conectando a las bases de datos para el seguimiento del aprendizaje.
- Nos encontramos también con Unreal Engine y Second Life ya que fueron empleadas en tres artículos cada una [9], [27], [30]. El motor Unreal Engine se destaca por la calidad gráfica que tiene frente a sus simulaciones y también la programación que lo acompaña en C++, mientras que la plataforma Second Life fue usada principalmente como ámbito más social y educativo para prácticas de forma colaborativa en 3D.
- Algunas otras plataformas de menor escala en la revisión de literatura hacen referencia como vSim for Nursing y Laerdal vSim, éstos presentes en dos estudios. Estas herramientas se caracterizan por estar diseñadas solo específicamente hacia la simulación clínica, estos ofrecen los escenarios ya anteriormente configurados para que se adapten hacia los estudiantes para realizar ciertos procedimientos en el área de enfermería.

1.3.5 Distribución por tipos de retroalimentación en entornos RV

La retroalimentación es considerada como un elemento importante en el ámbito de RV, ya que permite al usuario percibir y comprender ciertas acciones generadas por la persona esto dentro de la simulación de RV. Esta puede resultar de diferentes tipos como principalmente son la retroalimentación visual y retroalimentación háptica, cada cierto rol como un elemento importante para el proceso de conocimiento y aprendizaje de forma inmersiva.

- La retroalimentación visual hacemos referencia hacia los estímulos que percibimos a través de imágenes, colores, animaciones o movimientos dentro del entorno en RV. Este tipo de retroalimentación es el más usado para sistemas en entornos de RV inmersivos, ya que nos facilita una mejor comprensión de los resultados y la guía de procedimientos de ciertos pasos en tiempo real. En la revisión de literatura, se hizo referencia que la retroalimentación visual fue la más usada, las cuales 18 artículos [4]. [5], [6], [8], [9], [10], [12], [13], [14], [19], [21], [22], [27], [28], [29], [30], [31], [32].

- La retroalimentación háptica hacemos referencia hacia estímulos táctiles o de fuerza que simulen el contacto físico con los objetos o superficies reales mediante los dispositivos especializados, estos podrían ser, por ejemplo, guantes hápticos, los mandos con vibración. En la literatura revisada, la combinación de retroalimentación visual y háptica se encontró en 10 artículos lo que evidencia su relevancia en la mejora de la inmersión y el realismo.

1.3.6 Frameworks de desarrollo web

Los frameworks de desarrollo web son entornos de trabajo. Estos entornos ayudan a proporcionar estructuras y librerías prediseñadas éstas para facilitar la creación de aplicaciones dinámicas y que sean escalables. Para el contexto de aplicaciones con RV, estos frameworks nos permiten crear interfaces gráficas en la plataforma web, esto a medida para gestionar los respectivos datos a través de APIs (Application Programming Interface) y conectar hacia los motores de RV como por ejemplo Unity.

El uso de éstas para implementar en sistemas en donde se integren la experiencia inmersiva con plataformas de gestión y monitoreo resulta accesible desde los navegadores. De esta manera, se presentan algunos frameworks los más relevantes y que son empleados en la actualidad para el desarrollo de aplicaciones y de simulación clínica en entornos RV.

- React: Se lo puede considerar como una biblioteca de JavaScript esta desarrollada por Meta, sus usos son para construir Interfaces de Usuario (IU) de manera interactiva. La arquitectura que maneja es decir basada en componentes ayuda a promover la modularidad y a su vez también la reutilización de código. Para el ámbito de aplicaciones de RV, React emplea específicamente en crear paneles de control llamados dashboards para que podamos visualizar de mejor manera los resultados y gestionar usuarios [42].

- Node.js y Express.js: Node.js es un entorno de ejecución de un solo hilo, considerado de código abierto, multiplataforma para crear aplicaciones de redes, y junto con el servidor de manera rápida y escalable, mientras que Express.js se considera como un framework esta permite estructurar las APIs REST de manera sencilla y rápida. Se considera fundamentales para controlar la comunicación entre la relación que tiene el frontend en React y los módulos respectivos junto con RV en Unity [43].

- Angular: Se considera como un framework creado y desarrollado por la empresa Google, ofrece una estructura robusta compleja basada en TypeScript. El método de enfoque que se manipula junto con su correspondiente soporte para aplicaciones de gran ámbito empresarial, lo convierten en una alternativa a la solución para realizar proyectos en el ámbito de RV de alta escalabilidad. Pero como también, su curva de aprendizaje resulta de mayor complejidad a diferencia de React [44].

- Vue.js: Se considera como un framework más usado en la sencillez y la flexibilidad. La forma como interactúa con entornos RV es bastante bajo a diferencia como maneja React y Angular, pero su ligereza puede resultar de manera atractivo para proyectos sencillos que solamente requieren un prototipado rápido y una normal escalabilidad [45].

1.3.7 Arquitectura Cliente–Servidor en aplicaciones RV-Web

El sistema manejó bajo una estructura cliente-servidor operando en la plataforma web, donde el cliente accede a través de navegadores. Esta separación permite una experiencia del usuario fluida y administrar la eficiente de recursos. La comunicación que realiza es entre la interfaz de usuario y el servidor se lo hizo a través de mediante APIs RESTful, utilizando el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y el formato de intercambio de datos JSON (JavaScript Object Notation), facilitó la interoperabilidad entre ciertas tecnologías como también la integración de estas con servicios externos. El sistema se adoptó bajo el modelo de arquitectura por capas, donde cada cierto componente, es decir, las capas de presentación, lógica de negocio y datos cumplió los diferentes tipos de desempeño con un rol independiente.

1.3.8 Seguridad y manejo de datos en entornos de RV

Entre los roles que se incorporan son de estudiante, docente y administrador como también los distintos niveles de acceso. La información personal de cada uno son encriptados para su privacidad. La forma de cómo se interactúa en el sistema se registran y así asegurar su confiablidad. También el sistema frente a las medidas de seguridad controla el acceso no autorizado. La encriptación en los datos se basa bajo una normativa la Ley Orgánica de Protección de Datos. Se emplearon algoritmos para el resguardo de contraseñas, protegiendo los datos sensibles, garantizando la confidencialidad de las credenciales y la información personal de esta. Esta se aplicó en la gestión de información sensible. Como también la seguridad fortaleció la confianza en los entornos de RV.

1.3.9 Cuestionarios para medir la usabilidad del sistema

Las métricas usadas en usabilidad nos permiten evaluar qué tan sencillo y eficiente puede resultar a los usuarios manejar un sistema. En entornos de RV, las métricas son fundamentales ya que nos permiten identificar algunas dificultades en la navegación, identificación de los escenarios y realización correspondientes a las prácticas quirúrgicas. La escala SUS (System Usability Scale) se usó como instrumento para medir la satisfacción y la observación por parte de los estudiantes y docentes al

manejar el sistema. La escala SUS nos brinda una puntuación numérica que esto refleja la facilidad de uso, la eficiencia y la satisfacción general. La aplicación permitió detectar ciertos aspectos de la interfaz y la forma como interactúa los requerimientos. Además, ayuda a distintas versiones del sistema antes de su implementación final. Estos resultados obtenidos se usaron para optimizar los módulos de gestión de usuarios.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Implementar la gestión de usuarios y avances de prácticas en escenarios quirúrgicos simulados con realidad virtual (RV).

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos técnicos y funcionales necesarios para la integración de los módulos gestores de usuarios en entornos clínicos.
- Desarrollar los módulos de gestión de usuarios y prácticas con escenarios quirúrgicos de enfermería a través de RV.
- Medir la usabilidad de la aplicación desarrollada, en las prácticas de escenarios quirúrgicos de enfermería con RV.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

En la realización del proyecto de investigación se usaron varios instrumentos para recopilar la información correspondiente de manera organizada y confiable:

- Para manejar desde la percepción de los usuarios, tanto como son Estudiantes y Docentes en el área de salud con respecto a la efectividad del sistema, se utilizaron encuestas específicas para la respectiva recolección de datos cuantitativos (ver Anexo A. Encuesta y ver Anexo B. Encuesta a Docentes).

- Por otra parte, se realizaron entrevistas hacia los docentes en el área de la salud, esto con el propósito de reunir la información acerca del funcionamiento y la aplicabilidad del sistema (ver Anexo C. Entrevista).

- En las evaluaciones de la usabilidad del sistema, se aplicó una encuesta especialmente para medir ciertas funcionalidades como el uso del sistema, la eficiencia, la satisfacción del usuario y la capacidad de aprendizaje del entorno desarrollado (ver Anexo D. Cuestionario escala SUS, Anexo E. Cuestionario del método de evaluación TAM Estudiantes, Anexo F. Cuestionario del método de evaluación TAM Docentes).

2.2 Métodos

Para llevar a cabo esta investigación, se adoptó un enfoque metodológico basado en el método cuantitativo, orientado a medir y analizar de manera objetiva la relación entre los módulos desarrollados y la mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje en entornos clínicos simulados. El diseño de la investigación se enmarcó en la modalidad de investigación aplicada, dado que buscó dar solución a una problemática concreta mediante el diseño e implementación de un sistema funcional.

El estudio se fundamentó en un diseño descriptivo y experimental, ya que se evaluó el impacto de la implementación del sistema en un contexto educativo real, sin manipular directamente las variables, sino observando su comportamiento. La variable

independiente correspondió a los módulos de gestión de usuarios y resultados clínicos desarrollados, mientras que la variable dependiente se relacionó con la usabilidad y efectividad del sistema.

La recolección de datos se realizó mediante instrumentos estandarizados, como encuestas de usabilidad SUS (System Usability Scale) y entrevistas dirigidas a docentes, lo que permitió obtener información cuantificable sobre aspectos como facilidad de uso, eficiencia, satisfacción del usuario y capacidad de aprendizaje. Asimismo, se aplicó un diseño transversal, dado que la recopilación de datos se efectuó en un único momento, permitiendo evaluar la percepción y funcionalidad del sistema en el instante de su aplicación.

2.2.1 Modalidad de la investigación

La investigación se enmarcó en la modalidad de investigación aplicada con enfoque cuantitativo, orientada a resolver una problemática específica mediante el diseño e implementación de un sistema funcional. En este caso, se desarrollaron módulos de gestión de usuarios y resultados clínicos en entornos de realidad virtual quirúrgica, con el propósito de optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje en estudiantes de enfermería de la Facultad de Ciencias de la Salud. Este tipo de estudio se caracterizó por la aplicación práctica de conocimientos teóricos previos, utilizando tecnologías como React, Unity y entornos inmersivos.

Estas mediciones permitieron comprobar si el sistema cumpliera con los estándares establecidos y si contribuyó a mejorar la experiencia de aprendizaje. A través del análisis del desempeño en la simulación, se obtuvieron datos sobre cómo el sistema favoreció el desarrollo de habilidades críticas, como el gestionamiento de los usuarios a través del uso de base de datos, para enmarcar el uso adecuado de instrumentos y la toma de decisiones clínicas.

2.2.2 Población y muestra

La población son los docentes y estudiantes de enfermería de sexto y séptimo semestre de la Universidad Técnica de Ambato, durante el ciclo Abril – Sept 2025.

Docentes:

La población estuvo conformada por un total de seis docentes, correspondientes a los seis paralelos encargados de guiar y evaluar las prácticas clínicas de sexto y séptimo semestre. Estos docentes también participaron en la evaluación de la usabilidad del sistema propuesto.

Población en Docentes: 6 personas.

Estudiantes:

La población que participó en este estudio estuvo conformada por todos los estudiantes de sexto y séptimo semestre de la carrera de Enfermería de la Universidad Técnica de Ambato.

En el sexto semestre, la población se distribuyó de la siguiente manera:

- Paralelo A: 24 estudiantes
- Paralelo B: 30 estudiantes
- Paralelo C: 27 estudiantes

Para el séptimo semestre, los grupos se conformaron de la siguiente forma:

- Paralelo A: 36 estudiantes
- Paralelo B: 33 estudiantes
- Paralelo C: 30 estudiantes

Población en Estudiantes: 180 estudiantes.

En total, la población estuvo compuesta por 186 personas, 180 estudiantes y 6 docentes.

Muestra:

n: tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población (180)

Z: nivel de confianza (2.32).

d: desviación estándar (0.5).

e: error de estimación (0.08).

(1)

$$n = \frac{\mathrm{N} * Z^2 * d * (1 - d)}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * d * (1 - d)}$$

$$n = \frac{180 * 2.32^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{0.08^2 * (180 - 1) + 2.32^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$

$$n = 97$$

De las 180 de la población con un nivel de confianza del 98% y un error de estimación del 8% se obtiene una muestra de 97 estudiantes.

2.2.3 Recolección de información

Los métodos de recolección de información son los siguientes:

Encuesta:

El instrumento de recolección de datos consistió en una encuesta estructurada, diseñada para obtener información cuantitativa sobre el "APLICACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL PARA GESTIÓN DE USUARIOS Y PRÁCTICAS DE ESCENARIOS QUIRÚRGICOS EN ENFERMERÍA". Este recurso facilitó la recolección precisa de datos, permitiendo que los participantes a los estudiantes expresaran sus opiniones con mayor detalle y asegurando una medición confiable de las variables de interés. Además, la utilización de esta escala favoreció el análisis estadístico posterior, al proporcionar una base organizada para la interpretación de los resultados. En total, se formularon 8 preguntas a los participantes, excluyendo la primera y la última por tratarse de preguntas informales (ver Anexo A. Encuesta).

Como también se realizó hacia los docentes correspondientes expresaran sus opiniones con mayor detalle hacia un seguimiento y asegurando una medición confiable de las variables de interés. Además, la utilización de esta escala favoreció el análisis estadístico posterior, al proporcionar una base organizada para la interpretación de los resultados. En total, se formularon 7 preguntas a los participantes, excluyendo la primera y la última por tratarse de preguntas informales (ver Anexo B. Encuesta a Docentes).

Entrevista:

Se recurrió a entrevistas como técnica de recolección de información, dado que este método permitió explorar en profundidad las experiencias y percepciones de los participantes. Gracias a su carácter flexible, las entrevistas facilitaron la obtención de datos, expresados en ideas, opiniones y reflexiones, lo que contribuyó a una comprensión más integral y resolver el problema (ver Anexo C. Entrevista).

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de los datos se realizó a partir de la información obtenida mediante encuestas y entrevistas. Este procedimiento permitió organizar los datos de manera coherente, facilitando su análisis posterior y garantizando el acceso a información relevante. Luego, se efectuó la codificación de los datos cualitativos y cuantitativos utilizando herramientas como Excel y SPSS, lo que posibilitó una sistematización efectiva que respaldó el análisis estadístico y la comparación de resultados entre diferentes fuentes.

Para los datos cuantitativos provenientes de las encuestas, se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas, tales como frecuencias, promedios y porcentajes, con el fin de identificar tendencias y patrones significativos. En cuanto al análisis cualitativo de las entrevistas, las respuestas abiertas fueron examinadas mediante análisis de contenido utilizando la herramienta ATLAS.ti, lo que permitió identificar temas recurrentes, patrones y opiniones clave que reflejaron las percepciones de los participantes sobre el sistema de realidad virtual.

A partir de este análisis, se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. Los resultados se presentaron mediante gráficos y tablas que facilitaron su interpretación y contribuyeron a una comprensión clara y precisa de los hallazgos.

a. Validación de la Encuesta

Anteriormente aplicado de la encuesta hacia los estudiantes de enfermería, se obtuvo una validación del instrumento mediante un estudio piloto realizado a 24 estudiantes de sexto y séptimo semestre de la carrera de Enfermería, de manera aleatoria. El análisis consistió, del cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, se obtuvo un valor de 0.81 (ver Figura 1), de acuerdo con los parámetros de [46], este resultado refleja un nivel de confiabilidad muy buena entre ($\alpha > 0.7$) y ($\alpha < 0.9$).

E16		4	5	5	4	3	4	
E17		3	3	3	3	3	3	
E18		5	5	5	5	4	5	
E19		3	3	5	3	4	2	
E20		3	4	3	4	3	2	
E21		3	3	4	4	5	4	
E22		2	2	2	2	2	2	
E23		5	4	3	3	5	4	
E24		4	5	5	4	3	4	
VARIANZA		0.9375	0.859375	0.9930555556	0.6875	0.8055555556	1.055555556	
SUMATORIA DE VARIANZAS	5.3							
VARIANZA DE SUMATORIA DE ITEMS	16.49826389							

COEFICIENTE (α)	0.81
NUMERO DE ITEMS	6
SUMATORIA DE VARIANZAS	5.3
VARIANZA TOTAL	16.49826389

Figura 1: Cálculo del Alfa de Cronbach en Estudiantes

También se aplicó de la encuesta hacia los docentes de enfermería, se obtuvo una validación del instrumento mediante un estudio piloto realizado a 6 docentes de sexto y séptimo semestre de la carrera de Enfermería. El análisis consistió, del cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, se obtuvo un valor de 0.83 (ver Figura 2), de acuerdo con los parámetros de [46], este resultado refleja un nivel de confiabilidad muy buena entre ($\alpha > 0.7$) y ($\alpha < 0.9$).

E2		5	5	4	4	4		22
E3		3	3	3	3	3		15
E4		4	4	4	4	3		19
E5		4	4	3	4	4		19
E6		5	5	5	5	3		23
VARIANZA		0.667	0.556	0.556	0.333	0.222		
SUMATORIA DE VARIANZAS	2.3							
VARIANZA DE SUMATORIA DE ITEMS	6.888888889							

COEFICIENTE (α)	0.83
NUMERO DE ITEMS	5
SUMATORIA DE VARIANZAS	2.3
VARIANZA TOTAL	6.888888889

Figura 2: Cálculo del Alfa de Cronbach en Docentes

b. Aplicación de la Encuesta

Se determinó la validez y confiabilidad del instrumento, la encuesta adquirió a la población esta estuvo compuesta por 186 personas. Las cuales usando el cálculo de la muestra se obtuvo un total de 97 personas. Para ello se obtuvieron 100 respuestas válidas, ya que algunos estuvieron ausentes por motivos personales.

c. Análisis de resultados a Estudiantes

En la Figura 3, la integración de un módulo de inicio de sesión en la enseñanza de escenarios quirúrgicos por parte de los estudiantes de enfermería en donde se representa que el 57% están en Totalmente de acuerdo, seguidamente el De acuerdo con el 36%, luego está en un 6% en Neutral, dando a entender que buena proporción de estudiantes de enfermería están en totalmente de acuerdo que, si se integre en el nuevo sistema, y que las funcionalidades se acoplen correspondientemente.

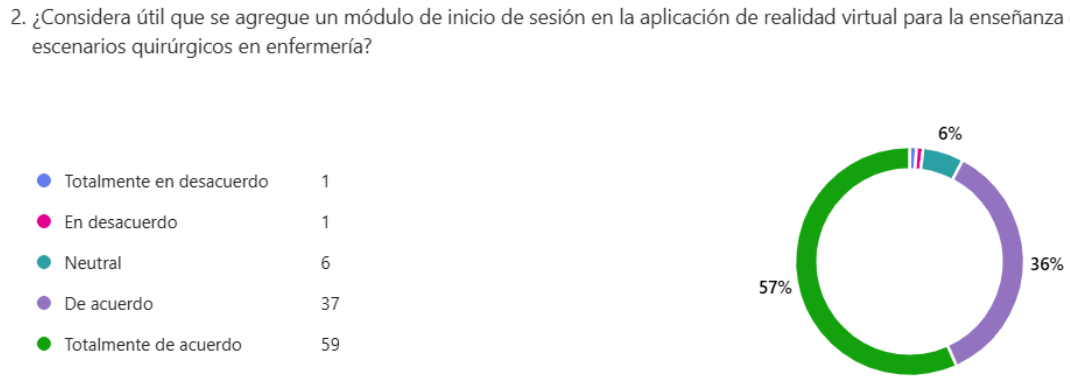


Figura 3: Aceptación del Módulo de Login en la RV Escenarios Quirúrgicos

En la Figura 4, la importancia de los resultados con la aplicación de RV puedan contribuir en el aprendizaje por parte de los estudiantes de enfermería en donde se representa que el 63% están en Totalmente de acuerdo, seguidamente el De acuerdo con el 31%, dando a entender que se considera que la mayor parte de los estudiantes de enfermería están en totalmente de acuerdo que, que si se contribuye y sobre todo directamente a la RV y a la retroalimentación.

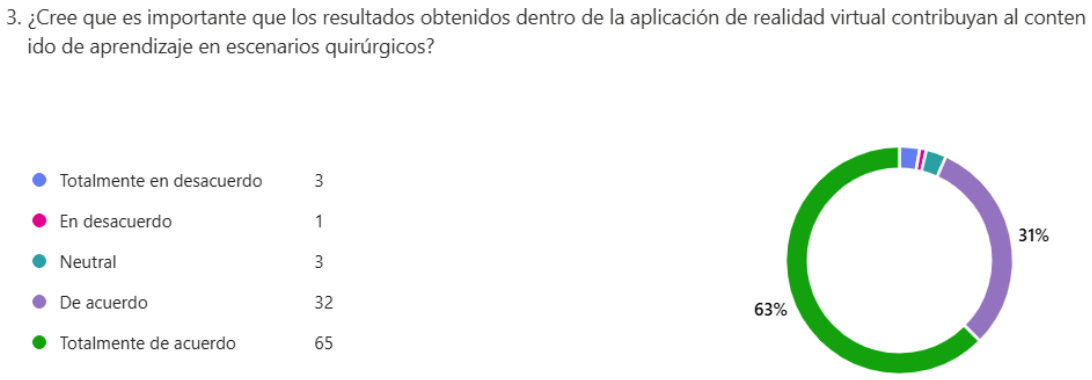


Figura 4: Relevancia de los Resultados de la RV en el Contenido de Aprendizaje

En la Figura 5, la necesidad de la aplicación de RV se muestre el progreso de aprendizaje en la enseñanza de escenarios quirúrgicos por parte de los estudiantes de enfermería en donde se representa que el 60% están en Totalmente de acuerdo, seguidamente el De acuerdo con el 29%, y luego que el 7% de manera Neutral, dando a entender que se considera que la mayor parte de los estudiantes de enfermería están en totalmente de acuerdo, que se añada la funcionalidad de un seguimiento de progresos para monitorizar los conocimientos quirúrgicos.

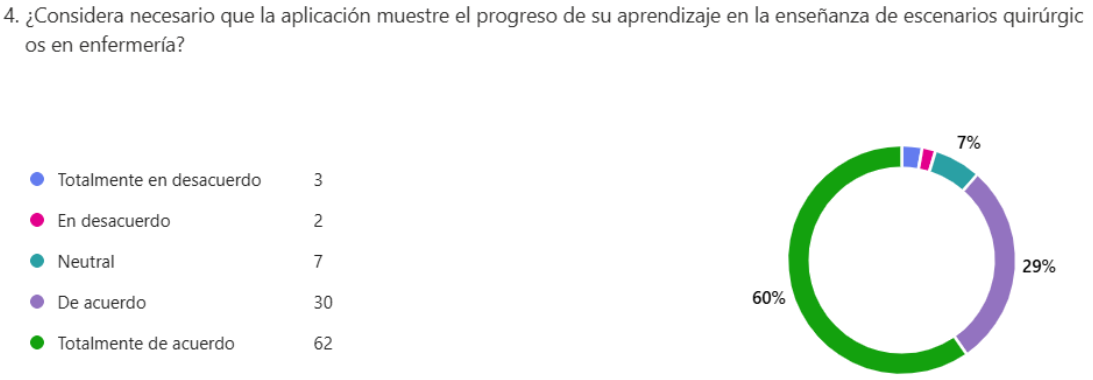


Figura 5: Necesidad del progreso de enseñanza de RV en el Contenido de Aprendizaje

En la Figura 6, se evalúa la aplicación de RV para la enseñanza de escenarios quirúrgicos como método válido para avanzar con el aprendizaje fuera de clases por parte de los estudiantes de enfermería en donde se representa que el 61% están en Totalmente de acuerdo, seguidamente el De acuerdo con el 25%, y luego que el 9% de manera Neutral, dando a entender que se considera que la mayor parte de los estudiantes de enfermería están en totalmente de acuerdo, que sea una herramienta valiosa que se facilite el autoaprendizaje por parte de los estudiantes de enfermería y adicional fuera de las horas de clases.

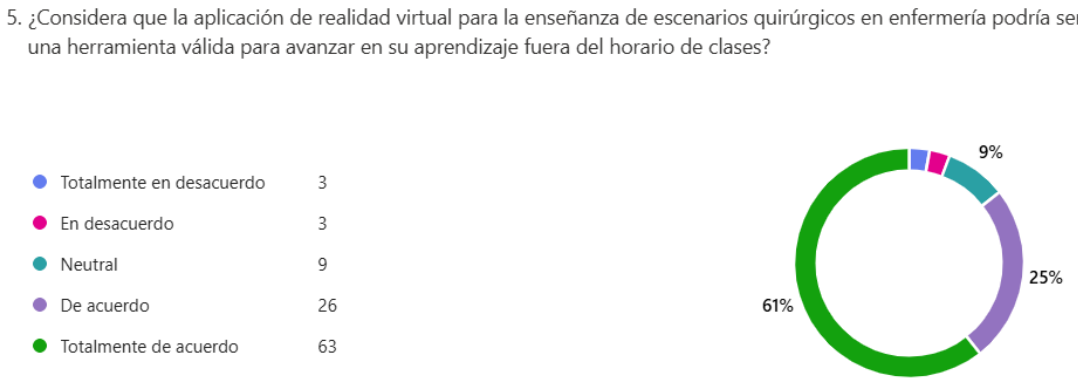


Figura 6: Validación de herramienta para avanzar con el aprendizaje fuera del horario de clases

En la Figura 7, se analiza si la aplicación de RV para la enseñanza de escenarios quirúrgicos podría ayudar por parte de los estudiantes de enfermería en falta de acceso a los laboratorios en donde se representa que el 57% están en Totalmente de acuerdo, seguidamente el De acuerdo con el 30%, y luego que el 10% de manera Neutral, dando a entender que se considera que la mayor parte de los estudiantes de enfermería están en totalmente de acuerdo, se da a conocer como una alternativa eficaz y estratégica por limitaciones físicos de laboratorio.

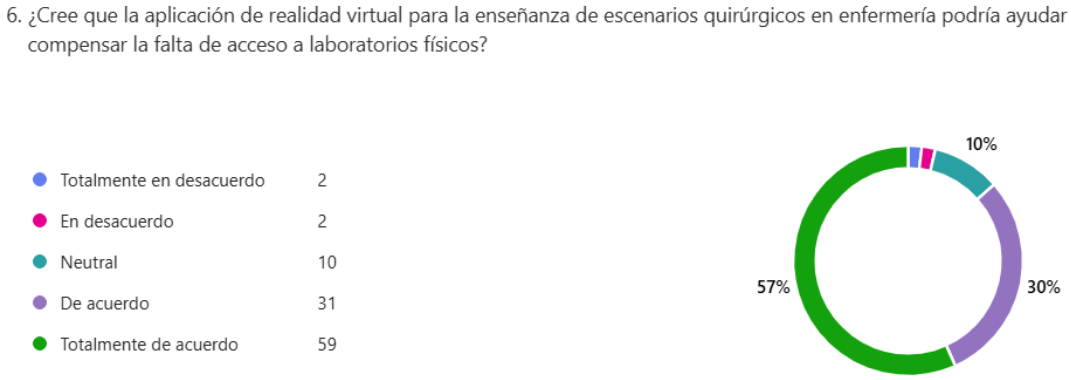


Figura 7: Aceptación de la RV como alternativa a laboratorios físicos

En la Figura 8, se explora si se consideran importantes contar con una interfaz amigable en la aplicación de RV para el aprendizaje por parte de los estudiantes de enfermería en donde se representa que el 62% están en Totalmente de acuerdo, seguidamente el De acuerdo con el 26%, y luego que el 8% de manera Neutral, dando a entender que se reconoce como una interfaz amigable, sino un factor crucial para la eficacia, usabilidad, aprendizaje dentro de la aplicación de RV

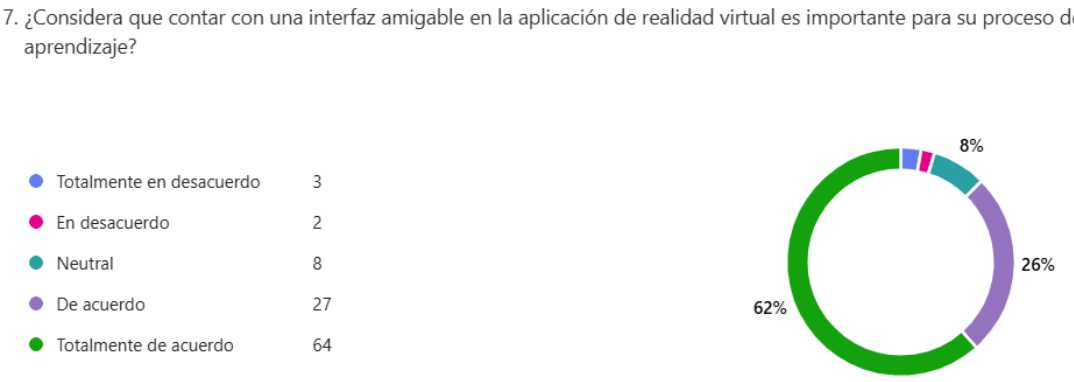


Figura 8: Importancia Interfaz en la aplicación de RV

d. Análisis de resultados a Docentes

En la Figura 9, se evalúa la importancia de incorporar un módulo de inicio de sesión en la aplicación de realidad virtual para la enseñanza de escenarios quirúrgicos, por parte de los docentes. En los resultados se muestra que el 63% de los encuestados se encuentran en Totalmente de acuerdo, seguido después de un De acuerdo con el 25%, donde después el 13% fue Neutral. Estos datos demuestran que los profesores

consideran es una identificación de usuarios a través del módulo inicio de sesión, para la gestión y seguimiento dentro del sistema de RV.

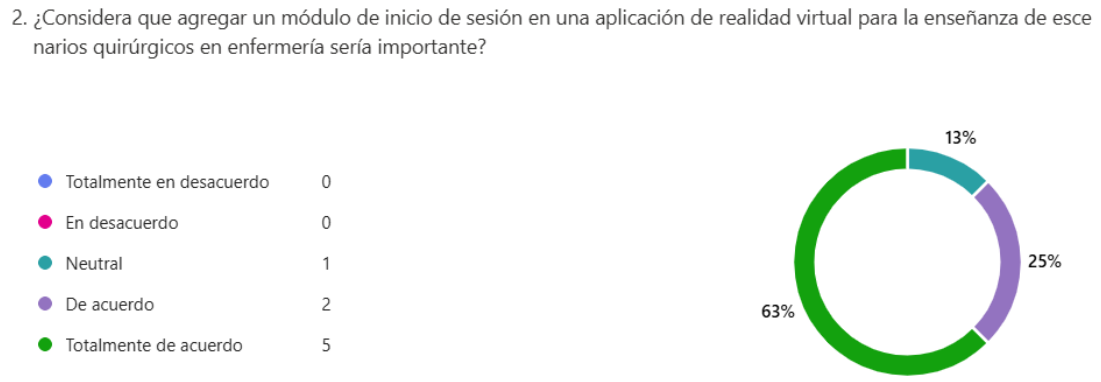


Figura 9: Importancia módulo de Inicio de Sesión en la aplicación de RV

En la Figura 10, se analiza respecto a la gestión de usuarios dentro de la aplicación de RV para una administración eficaz a los estudiantes asignados a su curso. En los resultados se muestra que el 50% de los encuestados se encuentran en Totalmente de acuerdo, seguido después de un De acuerdo con el 38%, donde después el 13% fue Neutral. Estos datos demuestran que los docentes consideran que administrar usuarios y cursos dentro del sistema de RV es una función vital para la organización y eficacia de la enseñanza de escenarios quirúrgicos.

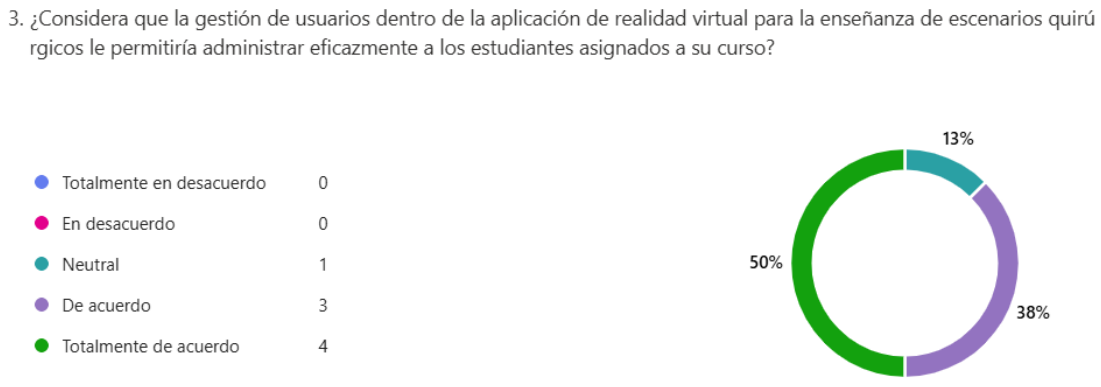


Figura 10: Percepción sobre la utilidad de la gestión de usuarios en la RV

En la Figura 11, se considera a los docentes si los resultados generados por la aplicación de RV en enseñanza de escenarios quirúrgicos son claros y completos. En los resultados se muestra que el 63% de los encuestados se encuentran en Totalmente

de acuerdo, seguido después de un De acuerdo con el 25%, donde después el 13% fue Neutral. Estos datos demuestran que los docentes consideran y confían en la calidad de utilidad de la información del rendimiento proporcionada con RV.

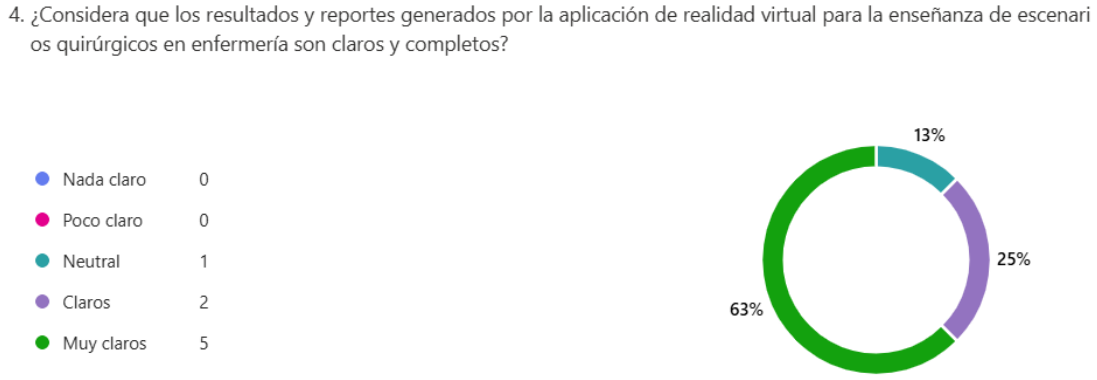


Figura 11: Evaluación sobre resultados y reportes generados por la aplicación de RV

En la Figura 12, se consulta a los docentes si la información reportada mediante la aplicación de RV para escenarios quirúrgicos de enfermería permitirá un mejor seguimiento de aprendizaje hacia los estudiantes. En los resultados se muestra que el 75% de los encuestados se encuentran en Totalmente de acuerdo, seguido después de un De acuerdo con el 13%, donde después el 13% fue Neutral. Estos datos demuestran que los docentes consideran en la información de reporte como una herramienta fundamental para la evaluación continua.

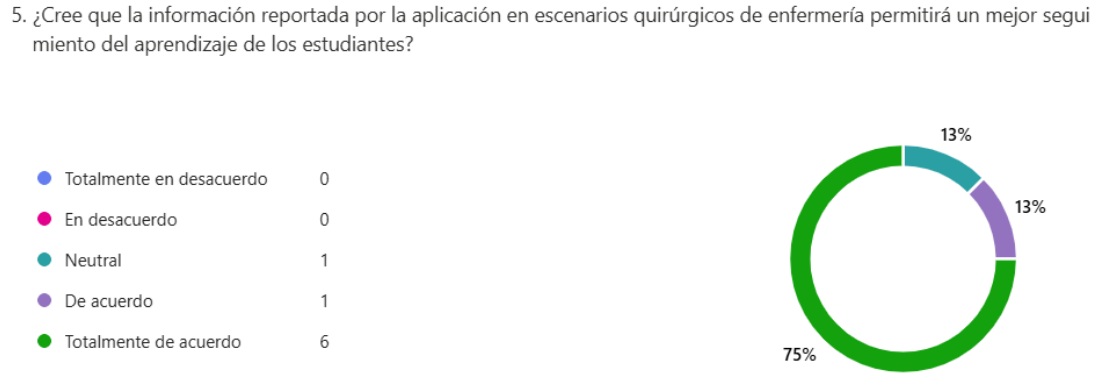


Figura 12: Percepción sobre la capacidad de reporte en RV para aprendizaje

En la Figura 13, se consulta a los docentes que tan relevante se considera la retroalimentación mediante la aplicación de RV para escenarios quirúrgicos de

enfermería en apoyo al aprendizaje académico de los estudiantes. En los resultados se muestra que el 50% de los encuestados se encuentran en Totalmente de acuerdo, seguido después de un De acuerdo con el 38%, donde después el 13% fue Neutral. Estos datos demuestran que los docentes consideran que la retroalimentación es un componente esencial y altamente importante para guiar el conocimiento teórico y práctico en los estudiantes de enfermería.

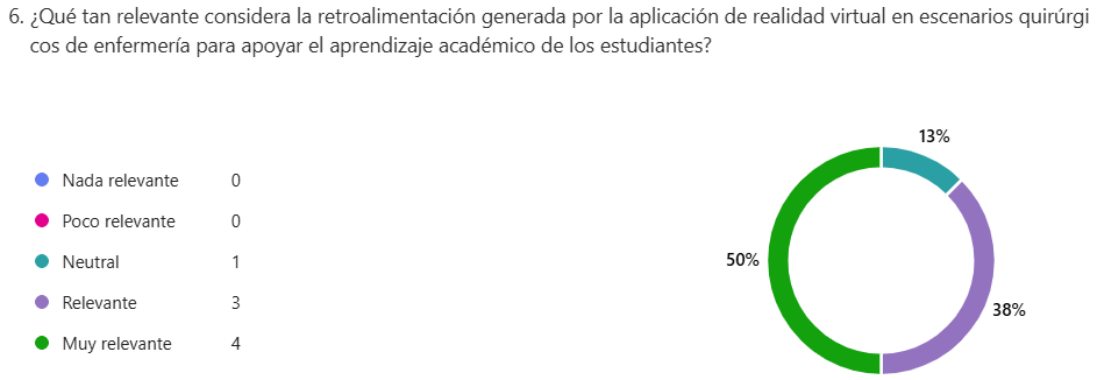


Figura 13: Percepción sobre retroalimentación en RV para aprendizaje académico

e. Aplicación de la Entrevista

El software ATLAS.ti fue una herramienta robusta para el análisis cualitativo de datos, ampliamente utilizada en investigaciones orientadas a la gestión, codificación y teorización de grandes volúmenes de información textual, gráfica, de audio y video. En el marco de la entrevista realizada por los docentes de enfermería, ATLAS.ti funcionó como la plataforma principal para la organización y el análisis de la transcripción. Facilitó la identificación sistemática de temas emergentes, así como la codificación de segmentos relevantes del texto que reflejaron las percepciones, experiencias y opiniones de la entrevistada respecto al tema de estudio [47].

En la Figura 14, se presentó la interfaz del software ATLAS.ti, donde se evidenció el proceso de análisis cualitativo de la entrevista efectuada al experto en desarrollo. En la sección central, se visualizó el texto de la entrevista, segmentado y codificado con etiquetas que representaron temas o conceptos clave identificados en el discurso del experto. En el costado derecho, se mostró el "Explorador de citas", donde se listaron

los segmentos codificados, lo que permitió al investigador organizar y revisar las evidencias textuales correspondientes a cada categoría analítica.

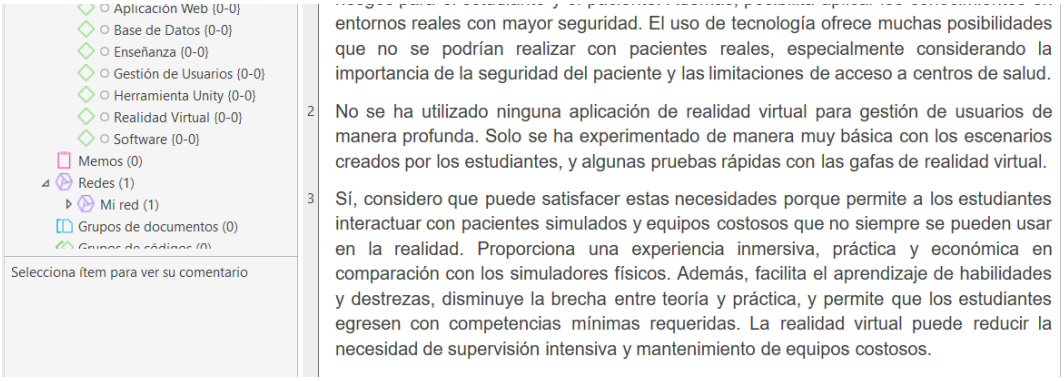


Figura 14: Evidencia del Análisis en ATLAS.ti de la Entrevista

f. Nube de Palabras

Con la herramienta ATLAS.ti se permitió visualizar una nube de palabras con los conceptos más representativos o con aquellas palabras que se repitieron con mayor frecuencia en el discurso del informante, así permitiendo que sea una codificación más precisa. El tamaño de cada término en la representación fue directamente proporcional a la cantidad de veces que apareció en la transcripción. De esta forma, las palabras con mayor tamaño reflejaron los temas centrales y recurrentes del discurso del experto, sugiriendo los principales focos de la conversación. En cambio, las palabras de menor tamaño, aunque menos frecuentes, también aportaron al contexto general de las opiniones y conocimientos [47].

En la Figura 15, la nube de palabras generada a partir de la entrevista con el experto en desarrollo mostró la frecuencia de los términos empleados. Este patrón sugirió que la conversación se centró en aspectos como ["aplicación", "estudiantes", "supervisión", “realidad virtual”, “sesiones”], lo que reveló las prioridades del experto en este ámbito. Las palabras de menor tamaño, aunque menos destacadas, complementaron el contexto del diálogo, indicando conceptos secundarios o detalles relevantes desde su perspectiva en el desarrollo de simuladores.



Figura 15: Nube de Palabras de la Entrevista a Docente de Enfermería

g. Análisis de respuestas

Según la encuesta aplicada a estudiantes, las respuestas presentadas en las Figuras 3 y 4, mostraron que más del 90% están en Totalmente de acuerdo y De acuerdo respecto a la implementación de un módulo de inicio de sesión y a la relevancia de resultados con RV para el aprendizaje. Se evidencia que implementar un sistema de identificación facilita un acceso personalizado, la seguridad de datos, y el seguimiento del progreso a las actividades dentro del entorno de RV.

Las respuestas de las preguntas de las Figura 5 y Figura 7 reflejaron que el 75% de encuestados considera útil hacer un monitoreo de las actividades con su progreso respectivamente, además que la RV es efectiva frente a la falta de acceso en laboratorios físicos. Estos resultados reflejan como una herramienta estratégica para hacer el uso de evaluar el avance práctico y teórico, para la continuidad de la formación académica en enfermería.

En relación con las preguntas de las Figura 6 y Figura 8, el 80% de los estudiantes manifestaron en Totalmente de acuerdo que la RV favorece el autoaprendizaje y además contar con una interfaz agradable al usuario. Se indicó que el diseño, la visualidad, y la usabilidad del sistema debe ser clara y bien estructurada para el conocimiento durante las simulaciones.

Según la encuesta a docentes, las respuestas de las preguntas de acuerdo con las Figura 9 y Figura 10 dieron a conocer que el 85% están De acuerdo o Totalmente de acuerdo en que se incluya al sistema un módulo de inicio de sesión y una gestión de usuarios para la administración correspondientes a sus cursos. Esto demuestra que hace un control académico para la supervisión de las actividades y el gestionamiento del aprendizaje.

En las preguntas correspondientes de las Figura 11 y Figura 12, el 88% de los docentes consideran que los resultados y reportes sean generados en la aplicación de manera clara, completa, y útil para el seguimiento de actividades. La información proporcionada destaca en el sistema y su importancia de contar con un sistema de seguimiento continuo, para el desempeño de los estudiantes.

Finalmente, según la Figura 13, el 88% de los docentes se encuentra en De acuerdo y Totalmente de acuerdo en una retroalimentación dentro de la aplicación de RV en escenarios quirúrgicos como un componente esencial. Lo que proporciona una potencia en la enseñanza práctica y compresión teórica, permitiendo guiar el aprendizaje con base a resultados observables y objetivos.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta los resultados obtenidos tras la selección y el análisis de las herramientas tecnológicas utilizadas en el desarrollo del sistema de RV usados. En el Capítulo 1, estuvo dedicado a la fundamentación teórica, se dirigieron los conceptos clave que respaldan al proyecto, incluyendo los principales como son frameworks web, motores gráficos, bases de datos, arquitectura señalada, la seguridad y dispositivos de visualización inmersiva, con especial atención a entornos en el área de salud.

Se describe la implementación de la metodología XP (Extreme Programming) como enfoque ágil para el desarrollo del sistema. La metodología fue elegida por su adecuación a contextos académicos, su carácter iterativo, su flexibilidad ante cambios y su orientación hacia la entrega continua de funcionalidades. La combinación entre una evaluación técnica detallada y una estrategia de desarrollo ágil asegura que el sistema cumpla con los objetivos establecidos, funcione correctamente en dispositivos como Meta Quest 3s.

3.1 Tablas comparativas de frameworks, motores, bases de datos, gafas de RV

Tras analizar las diferencias entre las herramientas para manejar sistemas de RV, en el área de enfermería se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 1. Motores de desarrollo RV

Motor	Lenguaje	Características Claves	Licencias	Uso destacado
Unity	C#	Realismo alto, multiplataforma, soporte RV	Gratuita educativa / comercial	Simulaciones clínicas y quirúrgicas
Unreal Engine	C++	Alta fidelidad visual, RV, inmersiva	Gratuita con royalties	Entrenamiento médico y hospitalario
vSim for Nursing	Propietario	Plataforma educativa, interactiva	Licencia académica	Juicio clínico en enfermería

Oxford Medical Simlation	C#	Casos clínicos 3D, evaluación OSCE	Comercial	Simulación de emergencias medicas
Second Life / CliniSim	LSL/Unity	Entornos 3D, bajo coste	Gratuita	Soporte vital y cuidado hospitalario
Custom SimVR	Unity	Sensores de movimiento, realismo, háptico	Comercial	Entrenamiento en urgencias
NursingXR	Unity	Aplicación móvil, autoevaluación	Gratuita	Autocuidado y práctica autónoma

En la Tabla 1 se usó Unity como motor de desarrollo, ya que ofrece varias ventajas claves para el proyecto correspondiente. La integración directa con C#, la capacidad de crear experiencias inmersivas de alta calidad y su compatibilidad multiplataforma lo hacen ideal. Además, la abundante documentación y la comunidad activa de Unity dan una sencillez para el proceso de desarrollo.

Tabla 2. Lenguajes de programación en RV

Lenguaje	**Características Claves**	**Motores relacionados**	**Nivel**
C#	Lenguaje orientado a objetos; ideal para RV, alta compatibilidad con APIs gráficas	Unity, Oxford Medical Simulation, Nursing XR	Alto
C++	Alto rendimiento; control de memoria, gráficos realistas; soporte nativo para RV/RA	Unreal Engine	Alto
LSL/Javascript	Lenguajes interpretados; fácil	Second Life, CliniSim	Medio

	integración web; uso en entornos 3D ligeros		
Propietario / Script interno	Entornos cerrados, desarrollo rápido: evaluaciones integradas	vSim for Nursing, Custom SimVR	Medio
WebXR / HTML 5 + JS	Compatible con navegadores; adaptable; ideal para proyectos y prototipos	CYENS / ASPIRE Framework	Medio - bajo

En la Tabla 2, se observa los diferentes lenguajes de programación usados en RV. Se seleccionó C# por su facilidad de uso, su enfoque en POO (Programación Orientada a Objetos) y su integración con Unity, permite una implementación eficiente, modular, coherente, adoptado, ofreciendo una excelente compatibilidad con librerías gráficas y dispositivos RV.

Tabla 3. Comparación de Gafas de RV

Modelo	**Resolución**	**Tecnología usada**	**Tecnología destacada**
Meta Quest 3s	1832 x 1920	Realidad mixta (RV + RA); procesador Snapdragon XR2 Gen 2	Integración con Unity y Unreal Engine y OpenXR
HTC Vive Pro	2448 x 2448	Sensores láser de alta precisión; SteamVR Tracking	Compatibilidad con SDKs profesionales para simulación médica
HP Reverb G2	2160 x 2160	Seguimiento inside-out; audio espacial integrado	Soporte para Windows Mixed Realty y SteamVR
Pico 4	2160 x 2160	Lentes Pancake; conexión inalámbrica de baja latencia	Integración con Unity, entornos empresariales

Google Cardboard	Variable (según móvil)	Bajo costo; uso educativo y portátil	Compatible con WebXR y Unity móvil

En la Tabla 3 se presentan los principales modelos de gafas de RV para entornos inmersivos. Se destaca Meta Quest 3s, un visor de generación que combina realidad mixta con procesador Snapdragon, ofreciendo un equilibrio optimo de rendimiento y accesibilidad. Su compatibilidad con Unity, Unreal Engine permite un flujo de trabajo flexible, para el desarrollo de aplicaciones interactivas y médicas.

Tabla 4. Comparación de bases de datos de RV

Gestor de base de datos	**Lenguaje de conexión**	**Características claves**	**Licencia**	**Uso principal**
MySQL	C# mediante API o Entity Framework	Sistema relacional, estable, multiplataforma	Gratuita / Comercial	Almacenamiento de usuarios, resultados y métricas de simulación
SQLite	C# / .NET	Base ligera, embebida y sin servidor; ideal para simulaciones	Gratuita	Guardar datos temporales o progresos individuales
PostgreSQL	C++ / Python / REST	Soporta transacciones complejas y estructuras avanzadas	Gratuita	Gestión de grandes volúmenes de datos
Firebase	JavaScript / C# SDK	Base NoSQL en la nube, sincronización en tiempo real	Gratuita / Comercial	Registro en línea, almacenamiento y seguimiento remoto

En la Tabla 4 se detalla la base de datos seleccionada, destacando MySQL como la opción principal por su compatibilidad con C# y Unity, su estabilidad y su capacidad para manejar datos estructurados de forma eficiente, como también registrar usuarios, resultados y métricas dentro de la simulación, asegurando integridad, escalabilidad y facilidad de conexión con APIs o Entity Framework.

Una vez realizada la documentación previa y seleccionadas las herramientas tecnológicas, lenguajes de programación, motores de desarrollo, bases de datos y visores de RV, se efectuó una investigación detallada sobre las aplicaciones de sistemas de RV en contextos clínicos y quirúrgicos.

En la Tabla 5, se resumen los resultados cuantitativos obtenidos de investigaciones aplicadas en uso de entornos inmersivos, para la formación de enfermería. Cada registro corresponde a un estudio en la cual se evaluaron métricas como tiempo de ejecución, precisión en procedimientos, compresión conceptual, confianza del usuario y satisfacción general. Los resultados pueden evidenciar mejoras significativas en cuanto al desempeño y a la compresión para emplear diferentes situaciones de inmersividad.

Tabla 5. Resultados cuantitativos de investigaciones al uso de RV clínicos

Herramienta	**Escenario procedimental**	**Métrica evaluada**	**Resultado cuantitativo**	**Fuente**
Simulación VR (Unity)	Entrenamiento clínico en enfermería	Evaluación Pre/Pro-Test	Mejora significativa en rendimiento ($p = 0.033$ y $p = 0.004$)	[4]
Simulación 360° + maniquíes	Cuidados intensivos / Emergencias	Reflexión y desempeño	Aumento en competencias clínicas y realismo medio-alto	[5]
Unity + Google Cardboard	Enseñanza de programación y enfermería	Cuestionario USE (Likert 7p)	Satisfacción 96.23%, facilidad de aprendizaje 95.15%	[6]

Unity + sensores hápticos	Control de infecciones hospitalarias	Desempeño clínico automatizado	Ejecución correcta: 89.5% laparoscopia, 81% robótica	[7]
Simulación neonatal VR-SIMI	Emergencias neonatales	Usabilidad y experiencia	Alta percepción de realismo y respuesta emocional	[8]
VR inmersiva (Unity + Oculus)	Simulación clínica general	Cuestionarios pre y post	Mejoras significativas en conocimientos (p = 0.052)	[10]
HTC Vive + maniquíes	Procedimientos clínicos simulados	Evaluación de desempeño	84% mejora en desempeño clínico inmediato	[11]
Aplicación móvil Cardboard	Autocuidado en enfermería	Entrevistas y diarios de campo	86.5% completó correctamente los procedimientos	[12]
Meta-análisis	Educación médica y gamificación	Efecto global (d=0.99)	96% mejora de rendimiento académico	[9]

En la Tabla 6, se presenta las características técnicas de las herramientas de desarrollo por los estudios investigativos revisados, donde se detalla el lenguaje de programación, el motor gráfico, los visores de realidad virtual utilizado. En el análisis se observa que destaca el motor Unity, tanto en simulaciones quirúrgicas, debido a su compatibilidad con C# y C++, su integración con dispositivos hápticos y los entornos inmersivos. Los visores HTC Vive, Oculus Rift, y Meta Quest 3s son los más empleados. Destacándose por su alta resolución, libertad de movimiento en la amplia adaptabilidad.

Tabla 6. Tecnologías usadas en estudios de simulación clínica con RV

Estudio / Caso	**Lenguaje de Programación**	**Motor**	**Visor**

Entrenamiento clínico en enfermería	C# / C++	Unity	Meta Quest 3s / Oculus Rift
Escenarios 360° + simulación con maniquíes	C#	Unity	Google Cardboard / Meta Quest
Programación Educativa + RV	C#	Unity	Google Cardboard
Simulación de control de infecciones	C++ / C	Unity	HTC Vive / Meta Quest 3s
Emergencias neonatales (VR-SIMI)	C#	Unity + video 360°	Meta Quest 3s
Simulación clínica general (Oculus)	C / C++	Unity	Oculus Rift
Educación médica (Meta-análisis)	C++ / C	Unity / Unreal	HTC Vive / Meta Quest 3s / HoloLens

En la Tabla 7, las metodologías presentan enfoques distintos según el tipo de proyecto. XP se utiliza cuando se requiere desarrollar software de manera rápida, flexible y con retroalimentación continua, lo cual encaja con la implementación del módulo de gestión de usuarios y el guardado de avance. Con la metodología de desarrollo de realidad virtual se centra en la creación de entornos inmersivos, el diseño 3D, la interacción y las pruebas de confort visual, aspectos indispensables para un simulador clínico. Finalmente, las metodologías tradicionales como RUP o Cascada ofrecen un proceso estructurado, aunque menos flexible, y se incluyen solo para visualizar el contraste metodológico con enfoques ágiles y VR.

Tabla 7. Tabla comparativa de metodologías de desarrollo

Criterio	**Extreme Programming (XP)**	**Metodología VR**	**Metodologías Tradicionales**

Enfoque principal	Desarrollo ágil, iterativo y con retroalimentación continua.	Diseño de entornos inmersivos 3D, interacción y optimización VR.	Desarrollo secuencial y documentado.
Fases principales	Planificación, diseño simple, codificación, pruebas.	Conceptualización, modelado 3D, interacción, integración.	Requisitos, análisis, diseño, implementación, pruebas.
Participación del usuario	Muy alta y constante.	Alta en pruebas de interacción y realismo.	Limitada al inicio y final.
Adaptabilidad al cambio	Muy alta.	Moderada.	Baja.
Entregables típicos	Versiones beta, incrementos funcionales.	Prototipos 3D, escenas VR.	Documentos y entregables finales.
Riesgos que controla	Cambios en requisitos, fallos funcionales.	Mareo, baja FPS, mala interacción.	Poca flexibilidad ante cambios.
Ventajas	Rapidez, flexibilidad, retroalimentación.	Experiencia inmersiva, aprendizaje práctico.	Control estricto y estructura clara.
Desventajas	Requiere comunicación constante.	Alto costo técnico y pruebas especializadas.	Rigidez y lentitud ante cambios.
Aplicación del proyecto	Gestión de usuarios, progreso y API.	Simulador quirúrgico, instrumentos e interacción VR.	No se usa, solo sirve como contraste.

3.2 Análisis de requerimientos

En el presente análisis de requerimientos se desarrolla en la continuidad del sistema de realidad virtual implementado por Saquinga y Sánchez [3], el cual el objetivo principal fue la simulación de escenarios quirúrgicos en enfermería, con la identificación y el armado del instrumental en la mesa de mayo.

En la presente investigación, se amplía el alcance del sistema mediante la implementación de un módulo de gestión de usuarios y el progreso correspondientemente, permite registrar la información personal de cada estudiante, posibilitando la reanudación de práctica hacer el uso de seguimiento por parte del docente.

3.3 Especificación de requerimientos de software a través de la norma ISO 29148:2018

3.3.1 Introducción

a. Propósito

En el presente documento tiene como propósito especificar los requerimientos funciones y no funcionales en la parte de módulo de gestión de usuarios y el progreso correspondiente, integrado al sistema de RV desarrollado en escenarios quirúrgicos de enfermería. Este módulo me permite la autenticación del iniciado de sesión, registro, almacenamiento de información y el seguimiento de los estudiantes en un entorno inmersivo mediante las gafas de RV Meta Quest 3, haciendo referencia al cumplimiento de la norma ISO/IEC/ 29148:2018.

b. Alcance

El módulo amplio este sistema en base al desarrollo por los autores Saquinga Kevin y Sanchez Daniel [3], agregando ciertas funcionalidades de gestión de usuarios, el guardado de información y el seguimiento del docente al estudiante. El alcance que compromete al proyecto son la comprensión de crear, autenticar, monitoreo, la evaluación de los usuarios durante la respectiva simulación quirúrgica, como también permitiendo una reanudación de prácticas de escenarios quirúrgicos en enfermería, la generación de reportes automáticos y el almacenamiento de métricas de desempeño en diferentes etapas.

c. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

RV: Realidad Virtual

SRS: Software Requirements Specification

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

3.3.2 Descripción general

a. Perspectiva del producto

En el módulo forma parte del sistema de realidad virtual (RV) diseñado para la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica de Ambato. Mediante este componente me permite la gestión de usuarios, el registro del progreso correspondiente, a su vez el monitoreo de actividades a su rendimiento académico, para brindarle al docente la retroalimentación. Se integra con el entorno de RV de Unity 2022.3.18f1, desarrollado en C# y ejecutando mediante las gafas de Meta Quest 3.

b. Características de los usuarios

Tabla 8. Características de los usuarios del sistema

Tipo de usuario	**Descripción**	**Nivel Técnico**
Estudiantes	Interaccionan con la simulación quirúrgica y registran su progreso en tiempo real.	Medio / Alto
Docentes	Supervisan el rendimiento, visualizan el reporte de los estudiantes para su respectiva retroalimentación	Alto
Administrador	Gestionan los usuarios, la base de datos, y las métricas generales del sistema	Alto

c. Suposiciones y dependencias

- Los usuarios deben estar registrados en la base de datos institucional antes de acceder al entorno virtual.
- El sistema requiere una conexión estable a internet para la sincronización de datos entre el entorno local y el servidor.
- Los docentes disponen de permisos administrativos para revisar y evaluar los resultados de los estudiantes

d. Restricciones

- El sistema se ejecuta mediante dispositivos compatibles a Meta Quest 3 y Meta Quest 3s.
- Lenguaje de desarrollado: C#.
- Motor de desarrollo: Unity 2022.3.18f1.
- Base de datos: SQL Server o MySQL, conectada mediante API RESTful.
- Los datos deben mantenerse seguros y persistentes, incluso tras cierres de sesión o fallos de conexión.

3.3.3 Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son definidos a través de las acciones que el sistema debe que ejecutar para cumplir los objetivos. Bajo estos requerimientos fueron establecidos tras el análisis de resultados obtenidos en encuestas, entrevistas y pruebas preliminares con docentes y estudiantes de enfermería, siguiendo los alineamientos a través de la norma IEEE 29148:2018.

Tabla 9. Requerimientos funcionales del sistema

ID	**Descripción**	**Funcionalidad principal**
RF01	Autenticación de usuarios	Permitir el inicio de sesión con credenciales únicas y seguras
RF02	Registro de usuarios	Registrar nuevos usuarios y asignarles roles (estudiante, docente)
RF03	Asociación de prácticas en escenarios quirúrgicos	Vincular estudiantes con tiempos de operación específicas y sus resultados
RF04	Registro automático de progreso	Guardar el progreso durante la simulación quirúrgica.
RF05	Reanudación de sesiones	Permitir al usuario continuar desde el último punto registrado.
RF06	Panel docente	Mostrar métricas y resultados individuales en base a reportes.

RF07	Retroalimentación automática	Generar reportes al finalizar la respectiva simulación quirúrgica.

Mediante la Tabla 9, estos requerimientos garantizan la trazabilidad y la manera de personalizar el aprendizaje en entorno simulados de escenarios quirúrgicos, validando que los estudiantes tengan y desarrollen habilidades prácticas y los docentes evalúen de esta el progreso en tiempo real.

3.3.4 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales hacen énfasis a los atributos de la calidad que el sistema debe cumplir ara dar y ofrecer al usuario la experiencia necesaria para su uso eficiente, segura, y confiable.

Tabla 10. Requerimientos no funcionales del sistema

ID	**Descripción**	**Categoría**
RNF01	El sistema debe ser totalmente compatible mediante las gafas Meta Quest 3 y Meta Quest 3s.	Compatibilidad / Portabilidad
RNF02	Debe garantizar la integridad de los datos y la disponibilidad de estos para ser almacenados	Seguridad / Fiabilidad
RNF03	Las respuestas deben ser instantáneos y no demorar	Rendimiento
RNF04	La información debe ser guardada al momento de cerrar sesión	Seguridad
RNF05	La interfaz debe ser intuitiva y de fácil compresión.	Usabilidad / Experiencia
RNF06	La arquitectura del sistema debe ser modular y escalable	Mantenibilidad / Escalabilidad

Mediante la Tabla 10, estos requerimientos garantizan la trazabilidad y la manera de personalizar el aprendizaje en entorno simulados de escenarios quirúrgicos, validando que los estudiantes tengan y desarrollen habilidades prácticas y los docentes evalúen de esta el progreso en tiempo real.

3.3.5 Interfaces externas

a. Interfaz de usuario

El sistema cuenta con un diseño inmersivo para la adaptación de un campo visual mediante las gafas de realidad virtual Meta Quest 3, con interacción mediante seguimiento de manos y controlados de RV. Estos se despliegan a través de entorno 2D dentro de los escenarios quirúrgicos virtuales, facilitando la selección de operaciones, tiempos quirúrgicos e instrumentación.

b. Interfaz de hardware

Amplia compatibilidad mediante dispositivos de gafas de realidad virtual Meta Quest 3 y Meta Quest 3s, controladores hápticos, y sensores de movimiento. El sistema posibilita la capacidad de detección de posición y rotación del movimiento para mejorar la sensación de presencia en entornos virtuales.

c. Interfaz de software

Integración mediante API RESTful con la base de datos y los seguimientos respectivos de los servicios brindados. Mediante el motor Unity para los eventos del usuario, el control del ambiente de los escenarios y la comunicación del backend. Como también el framework React para los reportes de los estudiantes. El seguimiento hacia los estudiantes por parte de los docentes. Y el administrador para la gestión de usuarios, periodos académicos, operaciones quirúrgicas, tiempos, e instrumentación, la disponibilidad de las operaciones quirúrgicas hacia los estudiantes.

3.3.6 Reglas de negocio

- Cada usuario posee un identificador único e intransferible.

- Los docentes solo acceden a la información de los estudiantes bajo su curso asignado.
- Las métricas de rendimiento se actualizan automáticamente al finalizar la práctica.
- El sistema debe guardar los reportes de los estudiantes como medio de aprendizaje y retroalimentación.
- El sistema debe guardar los progresos de forma permanente para si existe reanudaciones futuras.

3.3.7 Criterios de aceptación

- El usuario puede iniciar sesión correctamente y acceder al entorno de práctica.
- El sistema registra y visualiza el progreso de cada práctica generada.
- Los docentes acceden a los reportes de rendimiento de los estudiantes sin errores.
- Los datos permanecen intactos tras el cierre o reinicio de sistema.

3.3.8 Riesgos identificados

- Fallas en la conexión con el servidor o la base de datos.
- Saturación de recursos del dispositivo gafas Meta Quest 3 durante sesiones prolongadas.
- Falla de conexión de red entre el usuario y el servidor.
- Riesgos potenciales de seguridad en la trasmisión de datos personales.

3.4 Metodología Extreme Programming (XP)

3.4.1 Planificación

En esta fase, define el cliente y el desarrollador define las funcionalidades importantes mediante el análisis de requerimientos, las historias de usuario, diagramas de casos de uso, junto al diagrama de actividades, estos se identifican primordialmente y se

estiman para ser incluidas. La meta es ajustar las expectativas, planear e idealizar un plan de trabajo consecutivo.

- ***Análisis de requerimientos***

Para el análisis de los requerimientos funcionales y no funcionales dados en la norma ISO 29148:2018, lo cual proporciona reglas actualizadas y completas para la especificación y los requerimientos que el sistema y el software necesita.

a. Requerimientos funcionales

En la Tabla 11 permite al usuario el inicio de sesión mediante correo institucional y contraseña cifrada, para generar la sesión según su rol correspondiente.

Tabla 11. Requisito funcional autentificación iniciado de sesión

ID	RF-01
Tipo	Autenticación
Prioridad	Alta
Descripción	Iniciar sesión con correo institucional y contraseña (validación por hash + AES).
Entrada	email, password
Proceso	Verificar hash de email, desencriptar/validar contraseña, obtener rol y datos.
Salidas	Sesión válida, objeto usuario {id, email, rol}, redirección a dashboard por rol

En la Tabla 12, gestiona el registro de nuevos usuarios, validando los datos ingresados para almacenarlos en la base de datos.

Tabla 12. Requisito funcional registro de usuario

ID	RF-02
Tipo	Registro
Prioridad	Alta

Descripción	Registrar usuario (estudiante/docente) con cifrado de campos sensibles.
Entrada	formulario (rol, username, nombre, apellidos, emails, password, periodo/semestre/paralelo/materia, docente opcional)
Proceso	Validar datos; mapear catálogos "scoped" del período a globales; insertar en usuarios cifrando; crear relaciones.
Salidas	Usuario creado, mensaje de éxito.

En la Tabla 13, controla la navegación de sistema para redirigir al usuario al panel correspondiente según su rol autentificado.

Tabla 13. Requisito funcional roles y ruteo

ID	RF-03
Tipo	Roles y ruteo
Prioridad	Alta
Descripción	Enrutar UI según rol: admin → DashboardAdmin, docente → DashboardDocente, estudiante → DashboardEstudiante.
Entrada	rol_id
Proceso	Evaluar rol (nombre y/o rol_id)
Salidas	Render del dashboard correspondiente.

En la Tabla 14, permite el cerrado de sesión limpiando el usuario por el estado que haya ingresado, y se redirige a la pantalla de inicio de sesión.

Tabla 14. Requisito funcional cerrado de sesión

ID	RF-04
Tipo	Logout

Prioridad	Alta
Descripción	Cerrar sesión y volver a Login.
Entrada	click en “Cerrar sesión”
Proceso	Limpiar estado global/localStorage; invalidar sesión en cliente.
Salidas	Pantalla de Login.

En la Tabla 15, facilita la creación, edición, activación, y eliminación de periodos académicos, lo que permite activar una vez.

Tabla 15. Requisito funcional CRUD periodos

ID	RF-05
Tipo	CRUD Períodos
Prioridad	Alta
Descripción	Crear, listar, editar, activar/desactivar y eliminar períodos académicos (único activo).
Entrada	datos de período (mes/año inicio/fin, activo)
Proceso	Validar rango; si “activar”, desactivar otros; persistir cambios.
Salidas	Lista actualizada de períodos; estado de activación consistente.

En la Tabla 16, administra los catálogos estos por semestre, paralelos y las materias relacionadas al periodo académico específico.

Tabla 16. Requisito funcional catálogos por periodo académico

ID	RF-06
Tipo	Catálogos por Período
Prioridad	Alta
Descripción	Gestionar semestres/paralelos/materias dependientes de un período.

Entrada	período seleccionado, nombre
Proceso	CRUD en tablas semestres, paralelos, cursos.
Salidas	Catálogos “scoped” por período.

En la Tabla 17, proporciona el acceso a los catálogos globales ya sea por semestre, paralelo, cursos, para las diferentes consultas y la compatibilidad entre ciertos módulos.

Tabla 17. Requisito funcional catálogos globales

ID	RF-07
Tipo	Catálogos Globales
Prioridad	Media
Descripción	Exponer catálogos globales (semestres, paralelos, cursos) para compatibilidad/consulta.
Entrada	-
Proceso	Lectura de semestres, paralelos, cursos.
Salidas	Listas globales para formularios/reportes.

En la Tabla 18, permite hacer relaciones entre docentes y estudiantes, esto con asignar en la base de datos correspondiente.

Tabla 18. Requisito funcional asignación de docente y estudiante

ID	RF-08
Tipo	Asignación Docente↔Estudiante
Prioridad	Media
Descripción	Relacionar docentes con estudiantes.
Entrada	docente_id, estudiante_id
Proceso	Insertar/actualizar en docentes_estudiantes.
Salidas	Confirmación de asignación.

En la Tabla 19, gestiona la relación entre estudiantes, las materias junto con los docentes respectivamente, esto con registrar los vínculos académicos.

Tabla 19. Requisito funcional asignación estudiante y materia

ID	RF-09
Tipo	Relación Periodos ↔ Docentes ↔ Estudiantes
Prioridad	Media
Descripción	Relacionar periodos con docentes y estudiantes.
Entrada	periodo_id, docente_id, estudiante_id, curso_id, semestre_id, paralelo_id.)
Proceso	Insertar/actualizar en periodo_docentes y periodo_estudiantes.
Salidas	Confirmación de asignación.

En la Tabla 20, muestra la lista de estudiantes asignados a un docente, incluyendo información académica relevante.

Tabla 20. Requisito funcional listado de estudiantes por docente

ID	RF-10
Tipo	Listado Estudiantes por Docente
Prioridad	Media
Descripción	Consultar estudiantes de un docente (datos desencriptados, solo activos).
Entrada	docente_id
Proceso	Join y desencriptado controlado; filtrar activos.
Salidas	Lista de estudiantes con materia/curso y metadatos.

En la Tabla 21, implementa la manera para recuperar la contraseña mediante correo institucional y el código de verificación.

Tabla 21. Requisito funcional recuperación de contraseña

ID	RF-11
Tipo	Recuperación de contraseña
Prioridad	Alta
Descripción	Flujo de "Olvidé mi contraseña" via email de recuperación (Gmail).
Entrada	email institucional, email recuperación
Proceso	Verificar hash, generar código, enviar por SMTP; verificar código; resetear password cifrado.
Salidas	Código enviado; verificación OK; password actualizada.

En la Tabla 22, expone los datos para el reporte y progreso del estudiante, permitiendo la consulta de resultados académicos.

Tabla 22. Requisito funcional reportes/progreso

ID	RF-12
Tipo	Reportes/Progreso (placeholder)
Prioridad	Baja
Descripción	Exponer endpoints base para reportes y progreso del estudiante.
Entrada	estudiante_id
Proceso	Lectura de reportes_resultados/progreso.
Salidas	JSON con resultados y progreso.

En la Tabla 23, garantiza que los datos del estudiante y el progreso correspondiente se almacene correctamente en la base de datos para su posterior consulta.

Tabla 23. Requisito funcional guardado de datos en sesión

ID	RF-13
Tipo	Guardado de datos en sesión
Prioridad	Media

Descripción	Todos los datos del estudiante junto con el progreso se guardan en la base de datos
Entrada	-
Proceso	Lectura y progreso de datos.
Salidas	JSON con resultados y progreso.

b. Requerimientos no funcionales

En la Tabla 24, garantiza la protección de los datos personales mediante el cifrado de AES en los campos sensibles al usuario, esto asegurando la privacidad y la integridad de la información almacenada.

Tabla 24. Requisito no funcional seguridad el cifrado

ID	RNF-01
Tipo	Seguridad (Cifrado)
Prioridad	Alta
Descripción	Campos sensibles cifrados (AES) y correos institucionales con hash para búsquedas.
Entrada	Datos personales
Proceso	AES_ENCRYPT y SHA2(LOWER(email)) para matching.
Salidas	Datos cifrados en reposo y comparaciones por hash.

En la Tabla 25, controla el acceso al sistema a través de los roles definidos, restringiendo ciertos accesos según el tipo de credencial los permisos al usuario autentificado.

Tabla 25. Requisito no funcional seguridad al acceso

ID	RNF-02
Tipo	Seguridad (Acceso)
Prioridad	Alta

Descripción	Control por rol (admin/docente/estudiante) y endpoints restringidos.
Entrada	token/sesión, rol
Proceso	Verificación del rol antes de servir recursos.
Salidas	Acceso autorizado/denegado.

En la Tabla 26, asegura el acceso al backend pueda manejar las múltiples solicitudes concurrentes usando conexiones pool, garantizando la continuidad del servicio.

Tabla 26. Requisito no funcional disponibilidad

ID	RNF-03
Tipo	Disponibilidad
Prioridad	Media
Descripción	El backend debe aceptar múltiples conexiones concurrentes.
Entrada	requests concurrentes
Proceso	Pool de conexiones a BD; middleware robusto.
Salidas	Respuestas consistentes sin bloqueos.

En la Tabla 27, define que las consultas principales del sistema deben responder y optimizar el acceso correspondiente entre paginaciones.

Tabla 27. Requisito no funcional rendimiento

ID	RNF-04
Tipo	Rendimiento
Prioridad	Media
Descripción	Listados principales (períodos, catálogos, asignaciones) deben responder < 1s con volúmenes típicos.
Entrada	consultas GET

Proceso	Índices adecuados (hash email, FK, nombre); paginación futura.
Salidas	Tiempos de respuesta aceptables.

En la Tabla 28, establece que la interfaz de usuario sea completa y funcional en diferentes navegadores, tanto a la pantalla como a diferentes navegadores.

Tabla 28. Requisito no funcional compatibilidad UI

ID	RNF-05
Tipo	Compatibilidad UI
Prioridad	Media
Descripción	Frontend responsivo y usable en todos los navegadores.
Entrada	viewport
Proceso	CSS responsivo; componentes accesibles.
Salidas	UI adaptable y consistente.

En la Tabla 29, evita la exposición de datos sensibles, permitiendo desencriptar únicamente la información que sea necesario y obligatoria para su visualización

Tabla 29. Requisito no funcional privacidad

ID	RNF-06
Tipo	Privacidad
Prioridad	Alta
Descripción	No exponer datos en claro por API; desencriptar solo lo necesario.
Entrada	consultas
Proceso	SELECT con AES_DECRYPT solo para campos visibles.
Salidas	Mínima exposición de datos.

En la Tabla 30, asegura la correcta configuración del servicio mediante el correo SMTP mediante verificación de credenciales y manejo de errores garantizando los mensajes seguros al usuario.

Tabla 30. Requisito no funcional entregabilidad

ID	RNF-09
Tipo	Entregabilidad (Email)
Prioridad	Media
Descripción	SMTP con verificación al inicio y manejo de errores.
Entrada	credenciales SMTP
Proceso	transporter.verify(), flags de depuración.
Salidas	Estado SMTP y mensajes claros.

c. Requerimientos técnicos

Como se observa en la Tabla 31, se resumen los requerimientos técnicos mínimos de hardware y software necesarios para la ejecución del simulador de Realidad Virtual y el acceso a la aplicación web de gestión. Estos parámetros consideran el equipo de cómputo, el dispositivo de RV y el entorno de software básico que garantizan el funcionamiento adecuado del sistema en los escenarios de práctica quirúrgica.

Tabla 31. Requerimientos técnicos mínimos de hardware y software para el uso del sistema

Componente	Requerimientos de hardware (mínimos)	Requerimientos de software
Equipo de cómputo	Procesador Intel i3 o Ryzen 3 (o superior), 8 GB de RAM, puerto USB-C, al menos 20 GB libres en disco.	Sistema operativo Windows 10 o superior, o macOS Sierra 10 o superior.
Dispositivo de RV	Visor Meta Quest 3S o Meta Quest 3 y cable USB-C para conexión al equipo.	Software del visor configurado para uso con PC (modo Link o similar).

Acceso al sistema web	El mismo equipo de cómputo anterior con conexión a Internet o red institucional.	Navegador web actualizado en modo Claro (Google Chrome, Microsoft Edge o equivalente).

Los requerimientos detallados en la Tabla 32, tienen una integración con el soporte tecnológico para la ejecución del sistema independientemente del equipo físico.

Tabla 32. Requerimientos técnicos para la ejecución del sistema en contenedores

Componente	**Requerimientos de hardware (mínimos)**	**Requerimientos de software**
Entorno de virtualización para contenedores	Procesador compatible con virtualización (Intel VT-x / AMD-V). 8 GB de RAM recomendados para ejecutar múltiples contenedores.	WSL2 obligatorio en equipos Windows. Distribución Ubuntu 20.04 LTS o superior para habilitar Docker Desktop.
Motor de contenedores	---	Docker Desktop (versión 4.x o superior), con soporte para Docker Engine y Docker Compose 3.9.
Base de datos del sistema	---	Contenedor MariaDB 10.4, mapeo de puertos, persistencia mediante volúmenes y compatibilidad con el esquema del sistema
Servidor de backend	---	Contenedor Node.js 18+ expuesto en el puerto, accesible desde LAN y desde los visores de Realidad Virtual

Servidor de frontend	---	Contenedor Vite/React expuesto en el puerto para acceso mediante navegador
Red local compartida	Router con capacidad Wi-Fi 5 o superior	Conectividad LAN para que múltiples visores Meta Quest accedan simultáneamente al servidor

Los requerimientos detallados en la Tabla 33, tienen una integración con el soporte tecnológico para la ejecución del sistema independientemente del equipo físico.

Tabla 33. Requerimientos técnicos para visores de RV

Componente	**Requerimientos de hardware (mínimos)**	**Requerimientos de software**
Visores de RV	Conectividad a la red donde está el servidor	Configuración del visor para uso con PC
APK del simulador	Archivo generado compatibilidad para archivo APK	El APK debe incluir vinculación con la IP o dominio local del servidor Docker
Navegador VR (para pruebas)	Requiere acceso a la red local	Navegador web modo Claro actualizado (Google Chrome, Microsoft Edge o equivalente) y evaluar los endpoints correspondientes.

- ***Historias de usuario***

Las historias de usuario son descripciones cortas y sencillas de una funcionalidad de un producto o servicio, el principal objetivo de esta es iniciar una conversación sobre el requisito para asegurar que se centre en el valor para el usuario final.

En la Tabla 34, permite al estudiante iniciar sesión mediante el correo institucional y la contraseña cifrada, accediendo al perfil y al rol correspondiente dentro del sistema.

Tabla 34. Historia de usuario inicio de sesión

Historia de usuario	
Numero: 1	**Usuario:** Estudiante
Nombre Historia: Inicio de sesión en el sistema	
Prioridad: Alta	**Riesgo de desarrollo:** Alto
Iteración asignada: 1	
Desarrollador: Bryan Oviedo	
Descripción: El estudiante debe poder iniciar sesión mediante su correo institucional y la contraseña cifrada, accediendo a su perfil y su rol correspondiente.	
Observación: Debe estar conectado a internet y autenticarse con credenciales válidas.	

En la Tabla 35, el administrador gestiona los periodos académicos, pudiendo crear, editar, activar/desactivar, asegurando que uno permanezca activo y manteniendo la coherencia.

Tabla 35. Historia de usuario gestión de periodos académicos

Historia de usuario	
Numero: 2	**Usuario:** Administrador
Nombre: Gestión de periodos académicos	
Prioridad: Alta	**Riesgo de desarrollo:** Medio
Iteración asignada: 2	

Desarrollador: Bryan Oviedo
Descripción: El administrador puede crear, editar, activar/desactivar periodos académicos garantizando que solo permanezca uno activado
Observación: Al ser activado un nuevo periodo académico, el sistema desactiva las anteriores, y actualiza las relaciones de catálogos.

En la Tabla 36, se puede seleccionar la operación junto con su tiempo quirúrgico correspondiente desde menús cargados de la base de datos.

Tabla 36. Historia de usuario selección de operación y tiempo quirúrgico

Historia de usuario	
Numero: 3	**Usuario:** Estudiante
Nombre: Selección de operación y tiempo quirúrgico	
Prioridad: Alta	**Riesgo de desarrollo:** Medio
Iteración asignada: 2	
Desarrollador: Bryan Oviedo	
Descripción: El estudiante selecciona una operación y un tiempo quirúrgicos desde menús, los cuales son cargados de la base de datos	
Observación: Los tiempos disponibles se filtran automáticamente según el semestre y la operación del estudiante	

En la Tabla 37 se puede observar los instrumentos quirúrgicos con sus respectivas imágenes y puede seleccionarlos según el tiempo correspondiente, registrando su progreso.

Tabla 37. Historia de usuario visualización y selección de instrumentos quirúrgicos

Historia de usuario	
Numero: 4	**Usuario:** Estudiante
Nombre: Visualización y selección de instrumentos quirúrgicos	
Prioridad: Alta	**Riesgo de desarrollo:** Alto
Iteración asignada: 3	
Desarrollador: Bryan Oviedo	

Descripción: El estudiante visualiza los instrumentos quirúrgicos con sus respectivas imágenes cargadas desde la base de datos. Puede el estudiante también seleccionar los instrumentos al tiempo quirúrgico correspondiente
Observación: Las imágenes se almacenan y cargan desde el backend y se las muestra en Unity. Se guarda en la base de datos cada selección para el progreso.

En la Tabla 38 se activa la mesa quirúrgica para comenzar el armado de los instrumentos junto con el tiempo, debe estar iniciado sesión y haya seleccionado la operación correspondiente.

Tabla 38. Historia de usuario activación de la mesa quirúrgica

Historia de usuario	
Numero: 5	**Usuario:** Estudiante
Nombre: Activación de la mesa quirúrgica	
Prioridad: Alta	**Riesgo de desarrollo:** Alto
Iteración asignada: 3	
Desarrollador: Bryan Oviedo	
Descripción: El estudiante activa la mesa quirúrgica para comenzar el armado de los instrumentos con su tiempo correspondiente	
Observación: Solo se puede activarse cuando el estudiante haya ingresado correctamente, seleccionado a la operación y el tiempo.	

En la Tabla 39, el sistema almacena automáticamente el progreso del estudiante, permitiendo reanudar las prácticas quirúrgicas desde el punto que fue interrumpida.

Tabla 39. Historia de usuario guardado automático de progreso

Historia de usuario	
Numero: 6	**Usuario:** Estudiante
Nombre: Guardado automático de progreso	
Prioridad: Alta	**Riesgo de desarrollo:** Alto

Iteración asignada: 4
Desarrollador: Bryan Oviedo
Descripción: El sistema guarda automáticamente el progreso del estudiante en la base de datos, permitiendo reanudar desde el mismo punto si cierra la sesión
Observación: El guardado ocurre en cada acción del estudiante

En la Tabla 40, el docente visualiza los reportes de los estudiantes el desempeño, junto con su información detallada sobre los tiempos, errores, y el avance de etapas de quirúrgica.

Tabla 40. Historia de usuario consulta de reportes

Historia de usuario	
Numero: 7	**Usuario:** Docente
Nombre: Consulta de reportes	
Prioridad: Media	**Riesgo de desarrollo:** Medio
Iteración asignada: 4	
Desarrollador: Bryan Oviedo	
Descripción: El docente puede visualizar los reportes correspondientes de los estudiantes, por ejemplo: tiempos totales, cantidad de errores y el porcentaje de avance en las diferentes etapas quirúrgicas.	
Observación: Los datos se presentan en una interfaz web	

En la Tabla 41, el sistema valida el rol de usuario, mostrando únicamente las funcionalidades y el panel correspondiente a su nivel de acceso.

Tabla 41. Historia de usuario control de roles y accesos

Historia de usuario	
Numero: 8	**Usuario:** Administrador
Nombre: Consulta de reportes	
Prioridad: Alta	**Riesgo de desarrollo:** Medio

Iteración asignada: 1
Desarrollador: Bryan Oviedo
Descripción: El sistema debe validar el rol de usuario según, mostrar el panel y las funcionalidades permitidas
Observación: Se usa validación de rol desde el backend

En la Tabla 42, el estudiante al finalizar la operación puede visualizar el reporte correspondiente de manera general.

Tabla 42. Historia de usuario visualización de reporte final

Historia de usuario	
Numero: 9	**Usuario:** Estudiante
Nombre: Visualización del reporte final	
Prioridad: Media	**Riesgo de desarrollo:** Medio
Iteración asignada: 5	
Desarrollador: Bryan Oviedo	
Descripción: Al finalizar la operación, el sistema muestra un reporte con nombre, tiempo total, numero de errores y porcentaje por cada etapa.	
Observación: El reporte se genera automáticamente y se puede consultar para después.	

- ***Diagramas de casos de uso***

Es una técnica importante para la especificación de requisitos dentro del ciclo de vida en el desarrollo de software. Esta trata de un diagrama del Lenguaje de Modelado Unificado (UML) mediante una representación gráfica y fácil de identificar los requisitos funcionales. Su principal objetivo es modelar estos requerimientos desde el punto de perspectiva del usuario (el actor), como un insumo valioso para la construcción de modelos posteriores, facilitando también la retroalimentación por parte del usuario final [48].

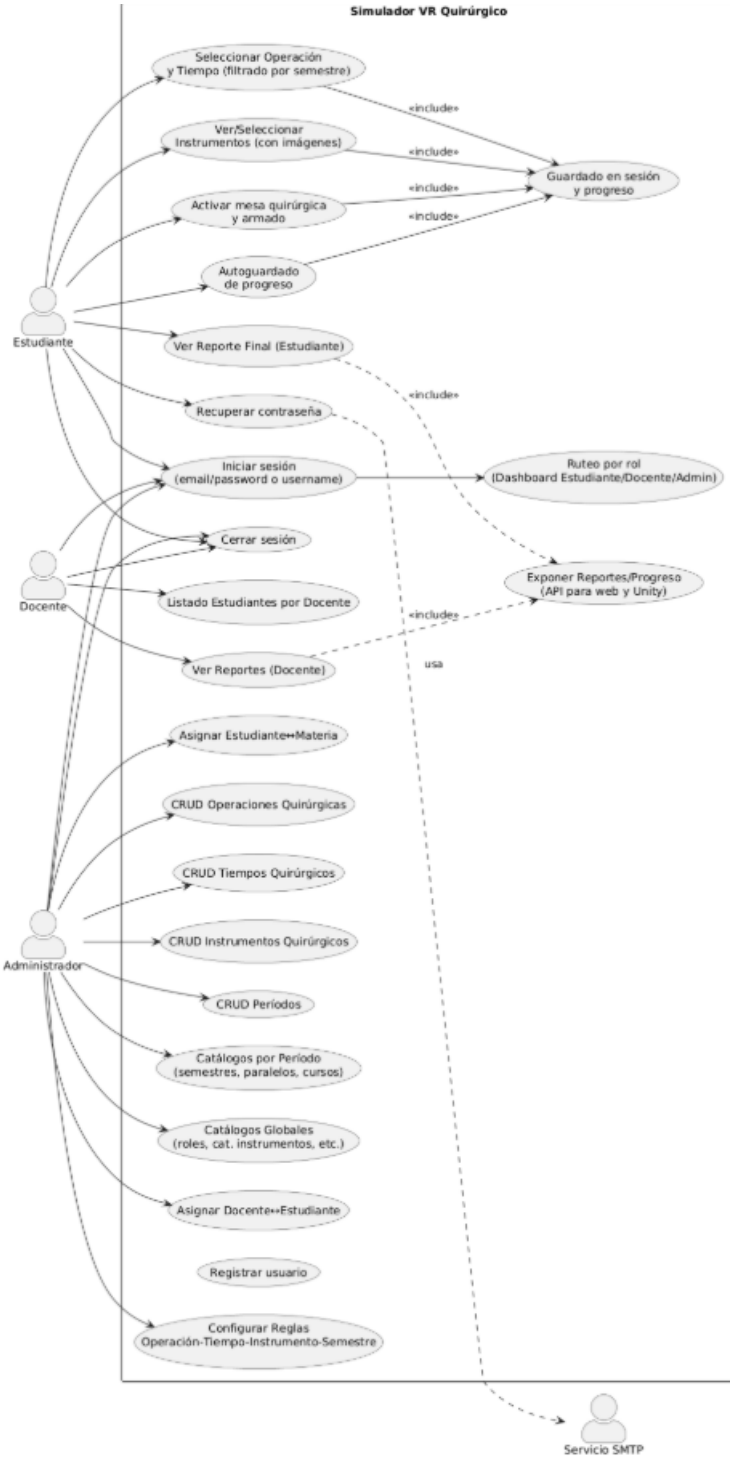


Figura 16. Diagrama de caso de uso diagrama general del sistema

En la Figura 16, integra varios actores asociados del sistema Estudiante, Docente, Administrador y Servicio SMTP. Este diagrama describe de manera general las relaciones entre diferentes perfiles de usuario junto con las funcionalidades del sistema, como los procesos de autentificación, registro, gestión de catálogos,

asignaciones, recuperación de contraseñas, y la generación de reportes. Así también las relaciones entre los diferentes módulos, según su rol, el guardado del progreso y la comunicación SMTP.

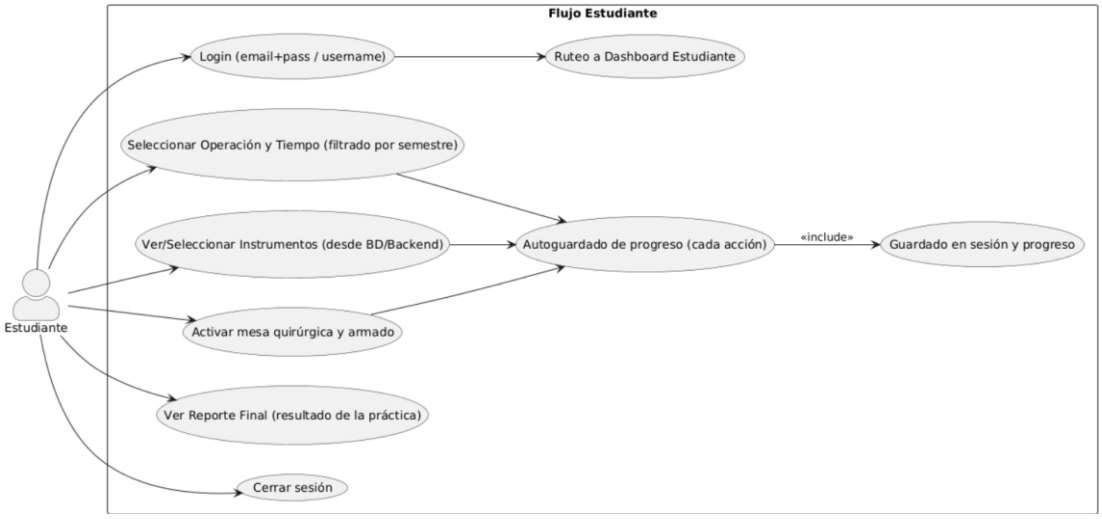


Figura 17. Diagrama de caso de uso de flujo del estudiante

En la Figura 17, inicia con el proceso del iniciado de sesión hasta su panel correspondiente seguido por la selección de operación tiempo quirúrgico, la visualización de instrumentos y la activación de la mesa quirúrgica. Además, el estudiante podrá visualizar el reporte general que ha desarrollado y el cerrado de sesión en cualquier momento.

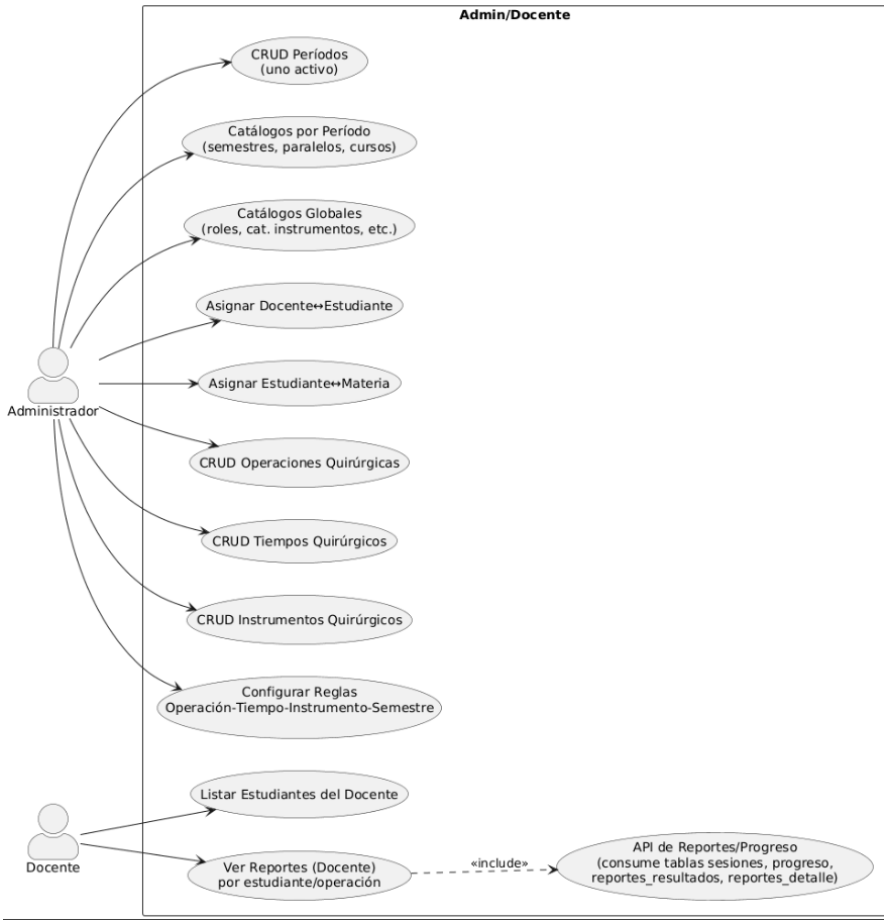


Figura 18. Diagrama de caso de uso para administrador y docente

En la Figura 18, se describen las funciones para dar supervisión a los estudiantes. El administrador tiene la capacidad de poder crear, editar, asignar los docentes y estudiantes y controlar los periodos académicos correspondientes que sean activos. Por otra parte, el docente puede consultar la lista de los estudiantes asignados para poder acceder a los reportes el progreso generado del sistema.

3.4.2 Diseño

Es esta fase se realiza con un diseño simple, evolutivo y orientado a la colaboración, manteniendo la flexibilidad para ser llamado a cambios frecuentes. Ya que el objetivo es garantizar brindando una arquitectura técnica y a través de la experiencia del usuario deben estar acopladas y trabajando mutuamente desde el inicio.

Como también, la creación de un prototipado en Figma para verificar y a la disposición de elementos claves. Lo que me permite simular una navegación y la experiencia del

usuario. Realizar un feedback entre el cliente y el desarrollador. Y aplicar ajustes rápidos sin afectar la implementación técnica.

- ***Diseño de la base de datos***

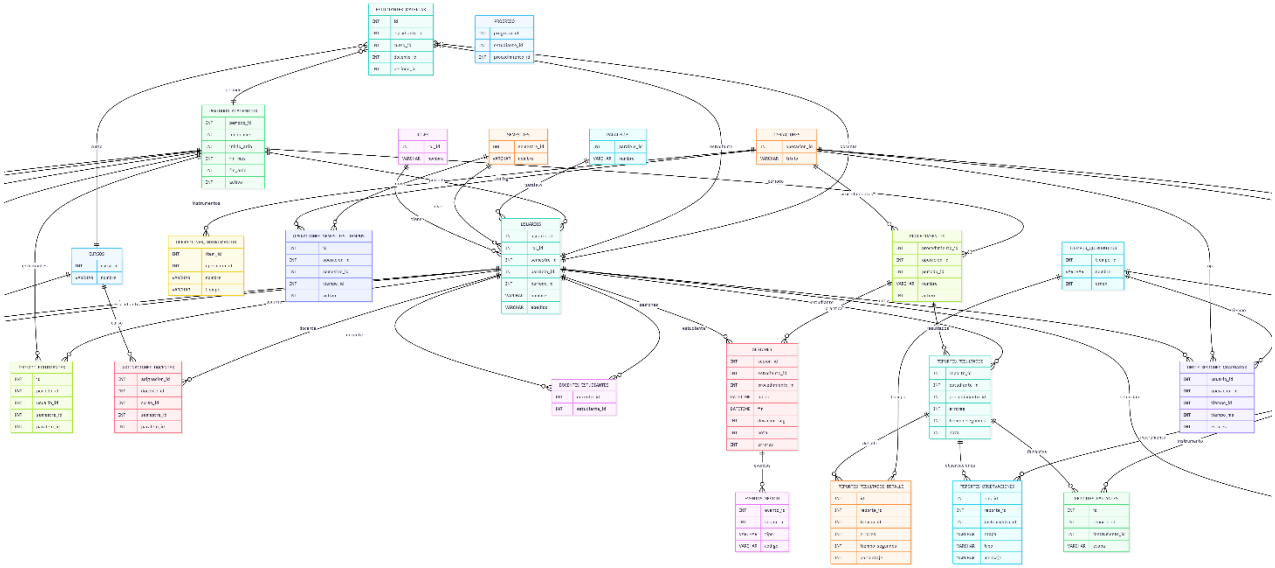


Figura 19. Diseño de la base de datos del sistema

En la Figura 19. Diseño de la base de datos del sistema, la base de datos del sistema se estructura en varios módulos que permiten administrar a los usuarios, operaciones quirúrgicas y el progreso de las prácticas de escenarios quirúrgicos. En el módulo de seguridad se gestionan los roles, usuarios, semestres y paralelos, garantizando el control de acceso y la organización académica. El módulo académico integra periodos, cursos y asignaciones entre docentes y estudiantes, permitiendo la planificación y seguimiento de materias.

El módulo de escenarios quirúrgicos se centra en operaciones, tiempos quirúrgicos e instrumentos, estableciendo relaciones que definen qué instrumentos corresponden a cada etapa de una operación específica. Por su parte, el módulo de simulación gestiona sesiones RV, eventos y el progreso del estudiante, lo que permite registrar las acciones realizadas y reanudar prácticas inacabadas. Finalmente, el módulo de reportes almacena los resultados, observaciones y elementos faltantes en cada sesión, generando retroalimentación clara para el docente y el estudiante.

- ***Prototipado en Figma***

Figma es una herramienta colaborativa que se basa en la nube lo cual permite diseñar interfaces, prototipados y sistemas visuales realistas. Esta plataforma facilita el trabajo en tiempo real de manera colaborativa con equipos multidisciplinarios, promoviendo la realización de wireframes, y los diferentes flujos de trabajo con su interacción y diseños gráficos. Durante este desarrollo de sistema, se usó Figma para la construcción de componentes de la interfaz, incluyendo la realización tanto la parte Web junto con Unity con sus elementos correspondientes, para garantizar al usuario una mejor experiencia clara y coherente antes de su implementación.

a. Prototipado web

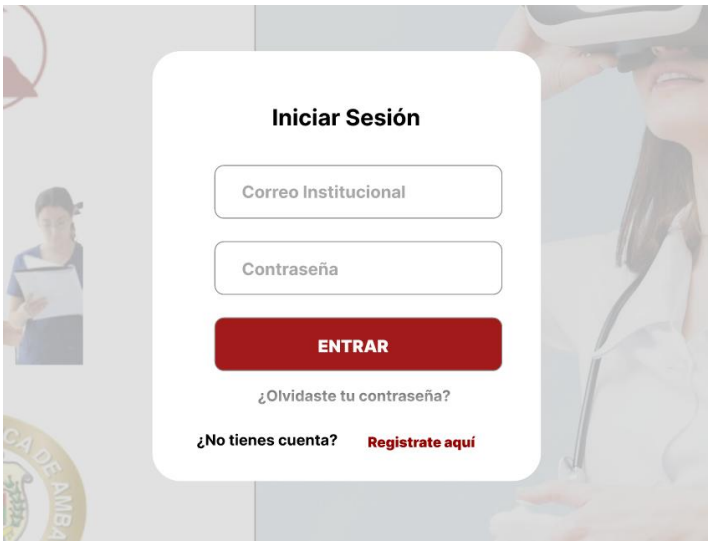


Figura 20. Login del sistema

Según la Figura 20, se puede observar el Login principal del sistema en la parte web. Aquí dependiendo del rol del tipo de usuario (docente, estudiante, administrador) ocupado podrán acceder a su menú correspondiente. El usuario ingresará sus credenciales con sus campos *correo institucional* y *contraseña*, seguidos por el botón *ENTRAR*.



Figura 21. Registro de usuarios del sistema

Según la Figura 21, se puede observar la interfaz del registro del usuario del sistema en la parte web. Aquí es un formulario de manera estructurada dependiendo del rol del tipo de usuario (docente, estudiante), con sus datos personales son llenados en los campos correspondientes y al finalizar el botón *REGISTRARSE*.



Figura 22. Pantalla principal Estudiantes

Según la Figura 22, se puede observar el módulo correspondiente a los reportes que han realizado los estudiantes en las prácticas quirúrgicas de diferentes tipos de operación correspondientes, aquí se puede consultar todos los procedimientos realizados por parte del Estudiante, filtrado por nombre, y fechas. Y el botón correspondiente a sus Reportes.



Figura 23. Pantalla de reportes en Estudiantes

Según la Figura 23, se puede observar el tipo de reporte correspondiente a los estudiantes en las prácticas quirúrgicas de diferentes tipos de operación con sus tiempos y el nivel de desempeño, aquí se representa mediante las barras de progreso con sus porcentajes y los diferentes tipos de observaciones en cada una de ellas.



Figura 24. Editar información del Estudiante

Según la Figura 24, se puede observar la edición de la información del estudiante. Aquí le permite al estudiante realizar cambios en la información personal que fueron

generados a través del registro, algunos campos se pueden llenar de manera opcional, y permitiendo guardar la respectiva información.

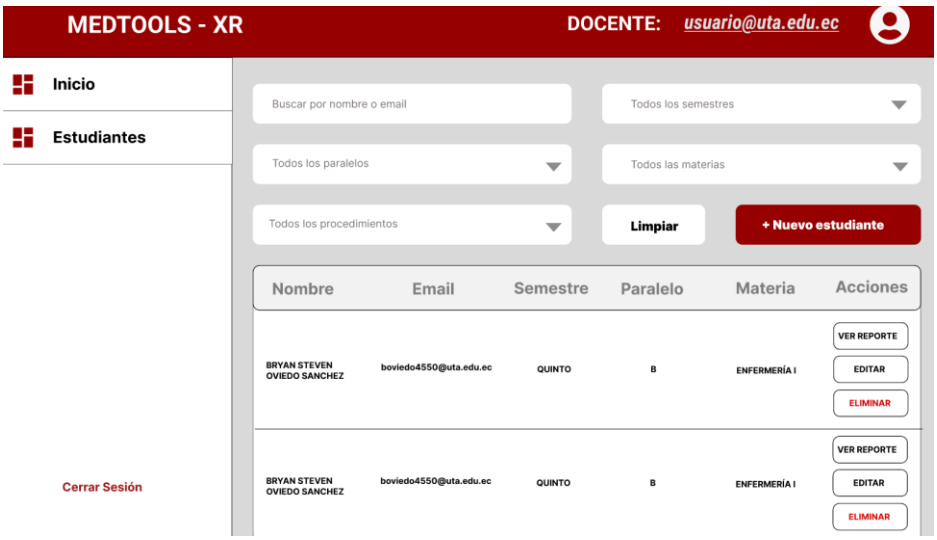


Figura 25. Pantalla principal módulo de Estudiantes en Docentes

Según la Figura 25, se puede observar la interfaz del módulo de gestión de estudiantes aplicadas para el rol de docente. Aquí me permite buscar por filtrado de búsqueda por nombre o correo, semestre, paralelo, materia, como también para agregar un nuevo estudiante. Y en la parte de abajo me permite conocer un listado de todos los estudiantes al docente, con sus diferentes acciones como *VER REPORTE, EDITAR, ELIMINAR.*

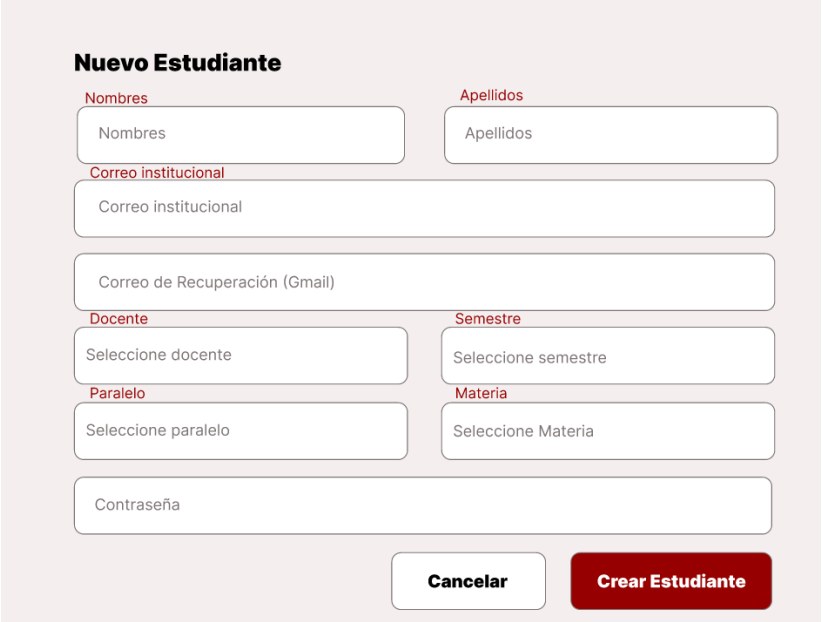


Figura 26. Creación de Estudiantes en Docentes

Según la Figura 26, se puede observar la interfaz para la creación de un nuevo estudiante en el rol de docente. Contiene el mismo formulario que en registrar un nuevo estudiante, solamente que el docente ya viene predefinido. Y en la parte de abajo los botones de *CANCELAR, CREAR ESTUDIANTE.*



Figura 27. Edición de Estudiantes en Docentes

Según la Figura 27, se puede observar la interfaz para la creación de un nuevo estudiante en el rol de docente. Contiene el mismo formulario que en registrar un nuevo estudiante, solamente que el docente ya viene predefinido. Y en la parte de abajo los botones de *CANCELAR, CREAR ESTUDIANTE.*

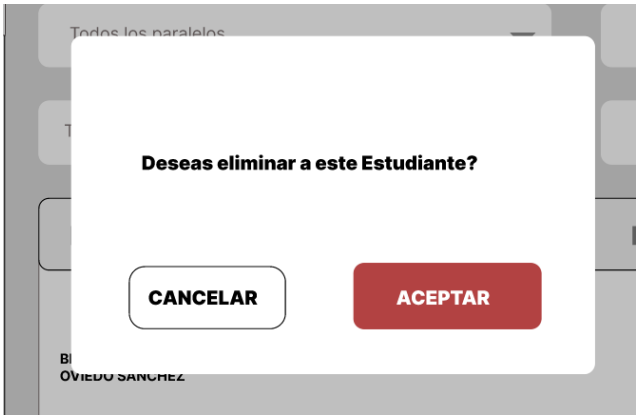


Figura 28. Eliminación de Estudiantes en Docentes

Según la Figura 28, se puede observar el mensaje si se quiere eliminar el Estudiante en el rol de docente.



Figura 29. Edición de información del docente

En la Figura 29, se puede observar la edición de la información del docente. Aquí le permite al docente realizar cambios en la información personal que fueron generados a través del registro, algunos campos se pueden llenar de manera opcional, y permitiendo guardar la respectiva información.

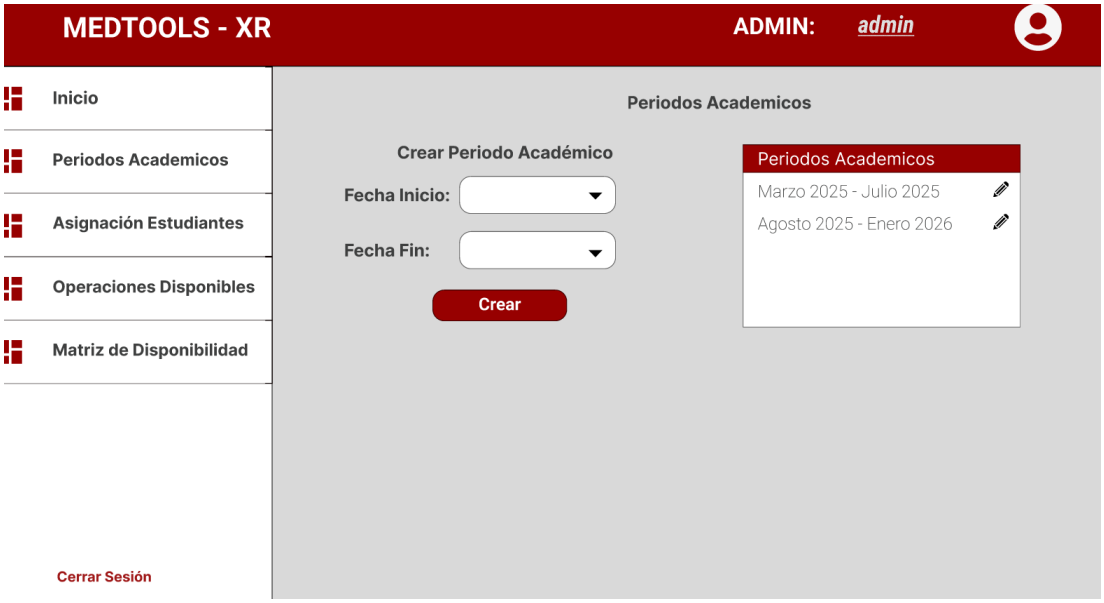


Figura 30. Módulo de periodos académicos en Administrador

En la Figura 30, se puede observar el módulo de gestión de periodos académicos para el rol de administrador. Aquí le permite crear nuevos periodos con la selección de fechas de inicio y fin. También el listado de los periodos académicos y poder editarlas correspondientes. Esta pantalla me permite guardar el estado *ACTIVO o DESACTIVADO.*

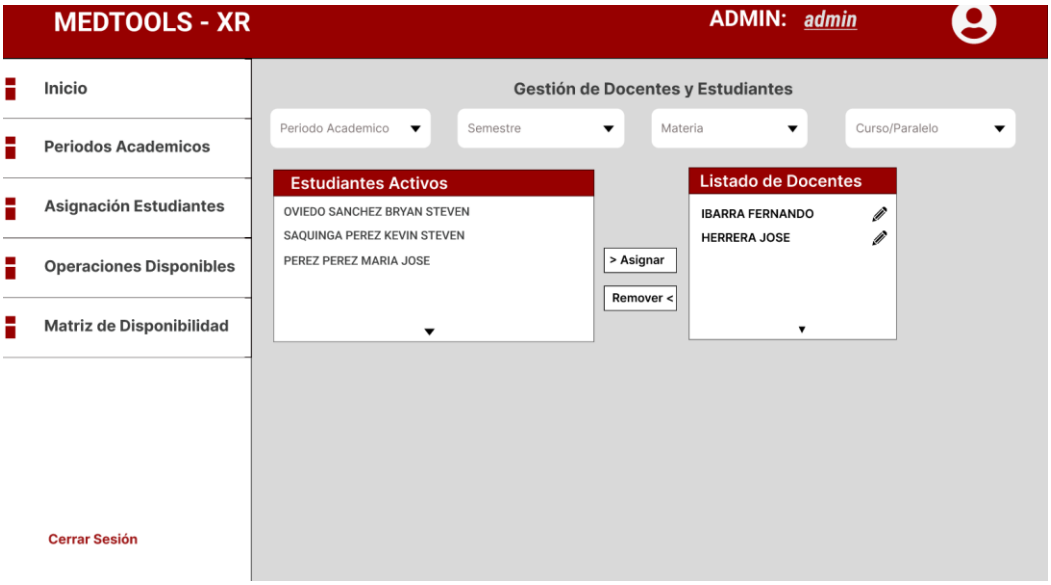


Figura 31. Asignación de estudiantes y docentes en Administrador

En la Figura 31, se puede observar la interfaz del módulo de asignación de estudiantes y docentes por parte del rol de administrador. Aquí con el filtrado por periodo,

semestre, materia, curso/paralelo. Alado izquierdo todos los estudiantes el listado de manera activa y alado derecho el listado de los docentes, permitiendo para *Asignar o Remover*.

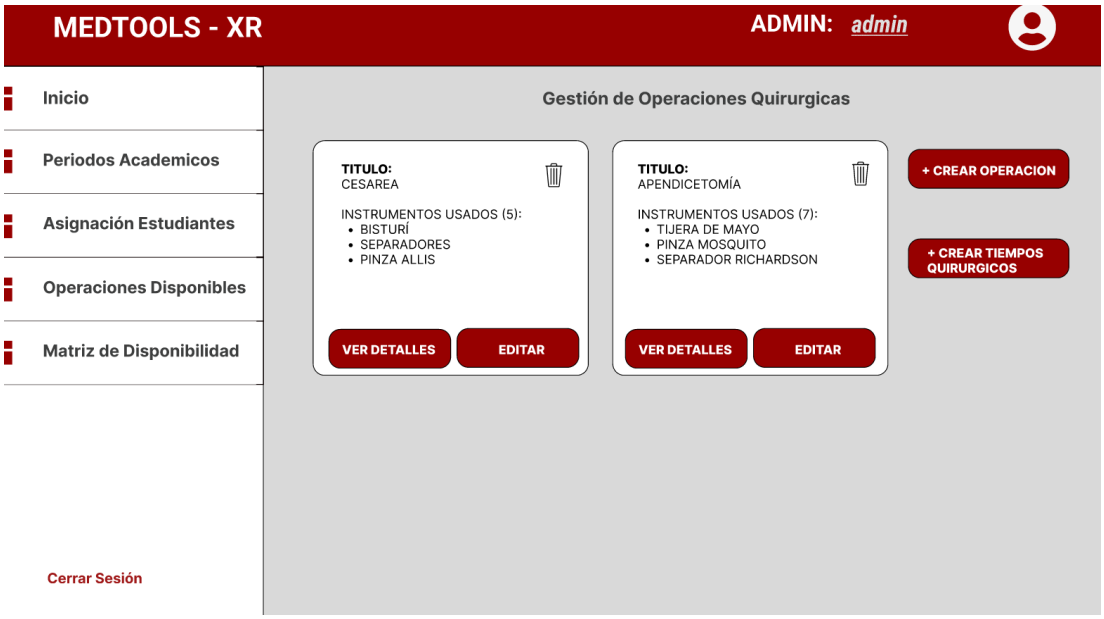


Figura 32. Módulo de gestión de operaciones quirúrgicas en Administrador

En la Figura 32, se muestra el módulo de gestión de las operaciones quirúrgicas en el rol administrador. Las diferentes acciones que ofrece es *VER DETALLES, EDITAR, o ELIMINAR* cada operación. Los botones correspondientes es crear una nueva operación y definir los tiempos quirúrgicos, lo que permite facilitar la administración de procedimientos.



Figura 33. Crear operaciones quirúrgicas en Administrador

En la Figura 33, se muestra la interfaz para la creación de una operación quirúrgica en el rol administrador. Me permite ingresar el título los instrumentos usados, junto con sus tiempos correspondientes, la acción para subir la imagen correspondiente, y la previsualización.



Figura 34. Editar operaciones quirúrgicas en Administrador

En la Figura 34, se muestra la interfaz para la edición de una operación quirúrgica en el rol administrador. Me permite editar el título los instrumentos usados, junto con sus tiempos correspondientes, la acción para editar la imagen correspondiente.

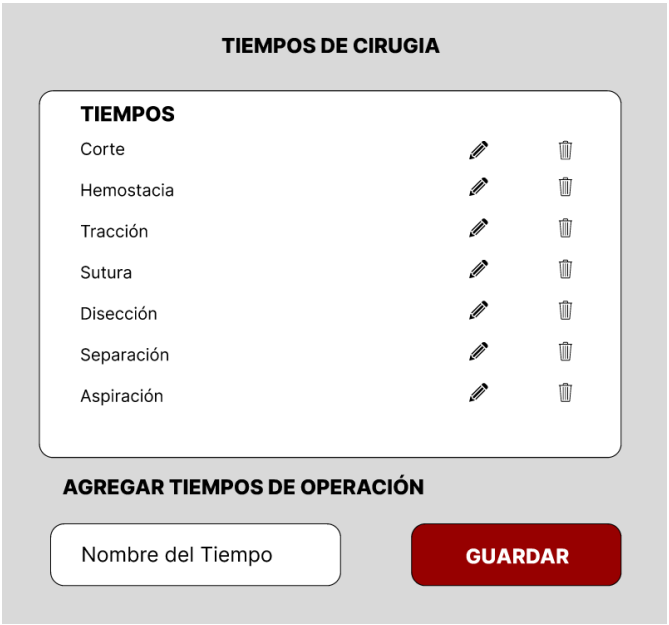


Figura 35. Gestión de tiempos de cirugía en Administrador

En la Figura 35, se muestra la interfaz para la gestión de los tiempos de cirugía en el rol Administrador. Aquí me permite visualizar, editar los tiempos diferentes a cada

etapa, y hasta eliminar. Las acciones de los botones *GUARDAR,* para confirmar el cambio realizado.

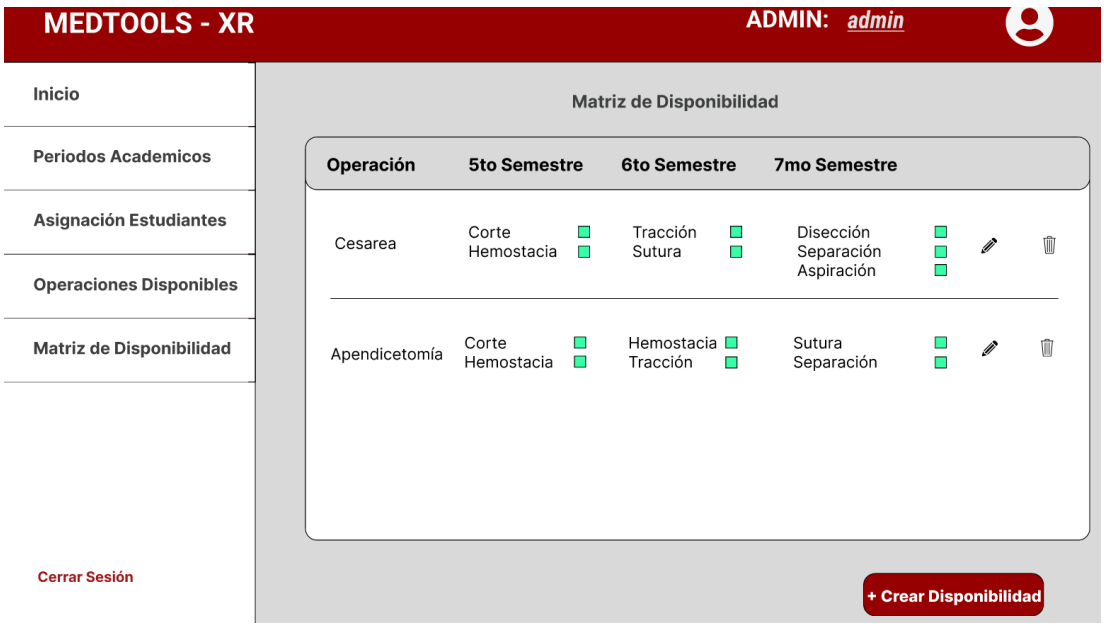


Figura 36. Módulo matriz de disponibilidad en Administrador

En la Figura 36, se muestra el módulo de la matriz de disponibilidad en el rol Administrador. Esta acción me permite gestionar por semestre, las acciones que están permitidas realizar los tiempos por cada nivel académico. Las acciones del botón *CREAR DISPONIBILIDAD*, para crear nuevas asignaciones.



Figura 37. Crear disponibilidad en Administrador

En la Figura 37, se muestra la interfaz para crear nuevas asignaciones de disponibilidad en el rol Administrador. Esta acción me permite seleccionar el semestre y la operación quirúrgica, marcar los tiempos específicos que estarán habilitados. La acción del botón *Guardar*.

b. Prototipado RV

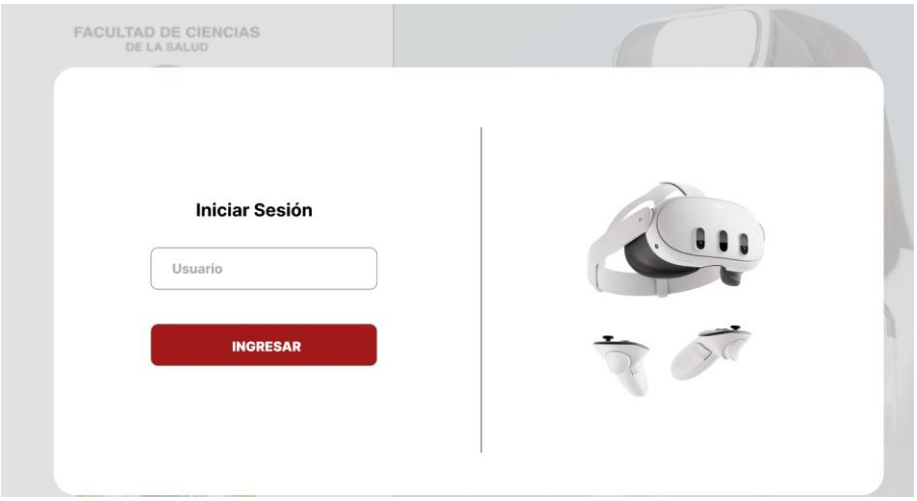


Figura 38. Pantalla de Login en RV

En la Figura 38, se muestra el inicio de sesión para RV para los estudiantes. Mediante el ingreso del correo institucional, con la contraseña o solo el usuario puede ingresar a la pantalla. La acción del botón *INGRESAR*.



Figura 39. Pantalla Principal en RV

En la Figura 39, se muestra la pantalla principal de RV, el escenario quirúrgico ingresado por el estudiante. En la parte superior el nombre del estudiante y el cerrado de sesión. El botón Iniciar para comenzar la simulación.



Figura 40. Finalización de la simulación en RV

En la Figura 40, se muestra los resultados de RV. Aquí se muestra el número de errores cometidos en cada diferente tiempo quirúrgico y el tiempo de ejecución. Se muestra los botones correspondientes a *SALIR o VER RESULTADOS.*



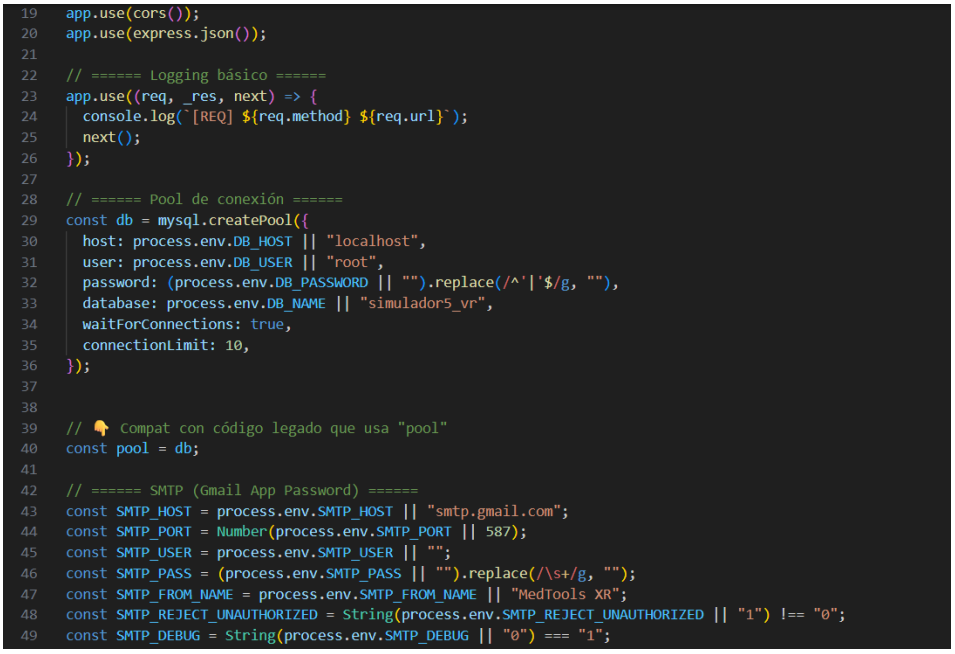
Figura 41. Reporte del estudiante de la simulación en RV

En la Figura 41, se muestra el reporte del estudiante tras la simulación en RV. Indicando la operación, los errores cometidos, tiempo total, la fecha. También me muestra un desempeño a través de líneas de progreso.

3.4.3 Codificación

Uno de los principios fundamentales de la programación extrema (XP), es siempre tener una conversación constante con el cliente durante todo el desarrollo de software, lo cual me permite incorporar una retroalimentación de cada iteración sin esperar el final de sprint. Los enfoques que se complementa con estas reglas son utilizar una integración continua para añadir y probar la codificación de manera inmediata.

a. Estructura backend del sistema



```
app.use(cors());
app.use(express.json());

// ====== Logging básico ======
app.use((req, _res, next) => {
  console.log(`[REQ] ${req.method} ${req.url}`);
  next();
});

// ====== Pool de conexión ======
const db = mysql.createPool({
  host: process.env.DB_HOST || "localhost",
  user: process.env.DB_USER || "root",
  password: (process.env.DB_PASSWORD || "").replace(/^'|'$/g, ""),
  database: process.env.DB_NAME || "simulador5_vr",
  waitForConnections: true,
  connectionLimit: 10,
});


// 👇 Compat con código legado que usa "pool"
const pool = db;

// ====== SMTP (Gmail App Password) ======
const SMTP_HOST = process.env.SMTP_HOST || "smtp.gmail.com";
const SMTP_PORT = Number(process.env.SMTP_PORT || 587);
const SMTP_USER = process.env.SMTP_USER || "";
const SMTP_PASS = (process.env.SMTP_PASS || "").replace(/\s+/g, "");
const SMTP_FROM_NAME = process.env.SMTP_FROM_NAME || "MedTools XR";
const SMTP_REJECT_UNAUTHORIZED = String(process.env.SMTP_REJECT_UNAUTHORIZED || "1") !== "0";
const SMTP_DEBUG = String(process.env.SMTP_DEBUG || "0") === "1";
```

Figura 42. Script configuración de conexión y parámetros en el backend

La imagen de la Figura 42, muestra un fragmento del código fuente implementado en el backend del proyecto, aquí se configuran aspectos importantes como el registro de solicitudes HTTP, la creación del pool para la conexión de la base de datos MySQL, algunos parámetros para el servicio SMTP de correos electrónicos.

b. Estructura del sistema parte web



```
import { useState } from "react";
import { type User } from "../types";
import "./Login.css";

interface LoginProps {
  setUser: (user: User) => void;
  setShowRegister: (show: boolean) => void;
  goForgot?: () => void; // ir a "olvidé mi contraseña"
}

export default function Login({ setUser, setShowRegister, goForgot }: LoginProps) {
  const [email, setEmail] = useState("");
  const [password, setPassword] = useState("");

  const login = async (e: React.FormEvent) => {
    e.preventDefault();

    try {
      const res = await fetch("http://localhost:4000/login", {
        method: "POST",
        headers: { "Content-Type": "application/json" },
        body: JSON.stringify({ email, password })
      });

      const data = await res.json();

      if (!res.ok || data.error) {
        alert(data.error || "Error en inicio de sesión");
        return;
      }
```

Figura 43. Script implementación inicio de sesión parte web

En la Figura 43, el código fuente desarrollado en React para la funcionalidad del iniciado de sesión. Aquí se gestiona por él envió de las credenciales mediante petición HTTP de tipo POST al servidor, enviando los datos en formato JSON. Garantizando una comunicación de confianza entre la interfaz web y el backend.



```
import { useEffect, useMemo, useState } from "react";
import type { User } from "../types";
import "./Register.css";

interface RegisterProps {
  setUser: (user: User) => void;
  setShowRegister: (show: boolean) => void;
}

type Opcion = { id: number; nombre: string };
type Docente = { id: number; nombre: string; apellido?: string };
type Periodo = {
  periodo_id: number;
  inicio_mes: number;
  inicio_anio: number;
  fin_mes: number;
  fin_anio: number;
  activo: 0 | 1;
};

const API = "http://localhost:4000";

export default function Register({ setUser, setShowRegister }: RegisterProps) {
  const [form, setForm] = useState<any>({
    rol: "estudiante",
    // comunes
    username: "",
    nombre: "",
    apellido: "",
    email: "",
    email_recuperacion: "",
    password: "",
```

Figura 44. Script implementación registro parte web

En la Figura 44, se presenta un fragmento del código para la funcionalidad del registro de usuario según su tipo de rol. Aquí se los tipos y los estados para gestionar los datos respectivos hacia el formulario. Mediante una conexión del backend con el API, permite enviar la información del registro hacia el servidor a través de las peticiones HTTP.

```
type MapNumToStr = Record<number, string>;

// Recibimos user y onLogout desde App.tsx
export default function DashboardDocente({
  user,
  onLogout,
}: {
  user: { email: string };
  onLogout: () => void;
}) {
  const DOCENTE_ID = Number(localStorage.getItem("docente_id")) || 1;
  const DOCENTE_EMAIL =
    user?.email || localStorage.getItem("docente_email") || "docente@uta.edu.ec";

  const [sidebarOpen, setSidebarOpen] = useState(false);
  const [view, setView] = useState<"inicio" | "estudiantes">("inicio");

  const [loading, setLoading] = useState(true);
  const [estudiantes, setEstudiantes] = useState<Estudiante[]>([]);
  const [error, setError] = useState<string | null>(null);

  const [q, setQ] = useState("");
  const [semestre, setSemestre] = useState<string>("");
  const [paralelo, setParalelo] = useState<string>("");
  const [materia, setMateria] = useState<string>("");
  const [procedimiento, setProcedimiento] = useState<string>("");

  const [semestresMap, setSemestresMap] = useState<MapNumToStr>({});
  const [paralelosMap, setParalelosMap] = useState<MapNumToStr>({});
  const [materiasMap, setMateriasMap] = useState<MapNumToStr>({});
```

Figura 45. Script gestión del docente

En la Figura 45, se presenta un fragmento del código del script DashboardDocente. Aquí inicializa y gestiona los estados de los usuarios la opción de realizar un CRUD sobre los estudiantes vinculados hacia los docentes correspondientes para controlar la vista, carga de datos de los reportes.

```tsx
export default function DashboardEstudiante({
  user,
  onLogout,
}: {
  user: { email: string };
  onLogout: () => void;
}) {
  const ESTUDIANTE_ID = Number(localStorage.getItem("estudiante_id")) || 1;
  const ESTUDIANTE_EMAIL =
    user?.email || localStorage.getItem("estudiante_email") || "estudiante@uta.edu.ec";

  // 🔹 Semestre del estudiante (guárdalo en localStorage cuando edites el perfil)
  const semestreRaw = localStorage.getItem("estudiante_semestre");
  const ESTUDIANTE_SEMESTRE = semestreRaw ? parseInt(semestreRaw, 10) : undefined;

  // === Perfil (modal) ===
  const [showProfile, setShowProfile] = useState(false);

  // === Menú avatar ===
  const [menuOpen, setMenuOpen] = useState(false);
  const menuRef = useRef<HTMLDivElement | null>(null);
  useEffect(() => {
    function onDocClick(e: MouseEvent) {
      if (!menuRef.current) return;
      if (!menuRef.current.contains(e.target as Node)) setMenuOpen(false);
    }
    if (menuOpen) document.addEventListener("mousedown", onDocClick);
    return () => document.removeEventListener("mousedown", onDocClick);
  }, [menuOpen]);
```

Figura 46. Script panel del estudiante

En la Figura 46, se presenta un fragmento del código del script DashboardEstudiante. Aquí inicializa me permite ver los diferentes datos que el estudiante ha realizado en los reportes, operaciones quirúrgicas, con las diferentes etapas de desempeño, los errores y el tiempo realizado correspondiente.

```tsx
// src/pages/admin/AdminOperaciones.tsx
import { useEffect, useMemo, useState } from "react";
import AdminOperacionDetalle from "./AdminOperacionDetalle";

const API = "http://localhost:4000";

type Operacion = {
  operacion_id: number;
  titulo: string;
  instrumentos_count: number;
  instrumentos_preview: { nombre: string }[];
  portada_url?: string | null;
};

type Instrumento = {
  nombre: string;
  tiempo: string;                // nombre del tiempo
  descripcion?: string | null;
  img_url?: string | null;       // '/uploads/ops/...'
};

type ItemDraft = {
  nombre: string;
  tiempo: string;                // se guarda como NOMBRE del tiempo (dinámico desde BD)
  descripcion?: string;
  file?: File | null;            // imagen a subir
  preview?: string;              // URL.createObjectURL en cliente
  img_url?: string;              // al editar
};

type Tiempo = { tiempo_id: number; nombre: string; orden: number };
```

Figura 47. Script administración de operaciones administrador

En la Figura 47, se presenta un fragmento del código del script AdminOperaciones. Aquí me permite hacer un CRUD de las diferentes operaciones quirúrgicas, tiempos, y también los diferentes instrumentos quirúrgicos correspondientes.



```
export default function AdminMatriz() {
  const setDisponible = async (tiempo_id: number, checked: boolean) => {

    try {
      if (existing) {
        const id = existing.id;
        const r = await fetch(`${API}/admin/matriz/${id}`, {
          method: "PUT",
          headers: { "Content-Type": "application/json" },
          body: JSON.stringify({ disponible: checked ? 1 : 0 }),
        });
        const d = await r.json();
        if (!r.ok || d.error) throw new Error(d.error || "PUT error");

        setRows((arr) =>
          arr.map((x) => (x.id === id ? { ...x, disponible: checked ? 1 : 0 } : x))
        );
      } else {
        const body = {
          operacion_id: selOp,
          semestre_id: selSem,
          tiempo_id,
          disponible: checked ? 1 : 0,
        };
        const r = await fetch(`${API}/admin/matriz`, {
          method: "POST",
          headers: { "Content-Type": "application/json" },
          body: JSON.stringify(body),
        });
        const d = await r.json();
        if (!r.ok || d.error) throw new Error(d.error || "POST error");
```

Figura 48. Script operaciones quirúrgicas en la matriz administrativa

En la Figura 48, se presenta un fragmento del código del script AdminMatriz. Aquí me permite hacer una gestionalización de la disponibilidad de los semestres para diferentes operaciones quirúrgicas hacia los estudiantes junto con sus tiempos correspondientes.

Restos de los componentes

Componente: AdminAsignacion

El componente AdminAsignacion gestiona la asignación y designación de los docentes a estudiantes por la materia correspondiente, y periodo académico. Estos cargados desde el backend. Provee dos opciones:

- **Asignar:** para confirmar la materia y las opciones de semestre/paralelo/periodos
- **Designar:** con tres tipos de opciones, la materia solamente/ limpiar el semestre/paralelo; todas las materias

Componente: AdminPeriodos

Gestiona los periodos académicos y sus catálogos dependientes semestres/paralelos/materias un CRUD. Ordenar la lista de las fechas y ofrecer un CRUS en sus paneles. Realiza también un hook genérico para cargar los datos y refrescar la interfaz para cada operación.

Componente: ResetPassword

Implementa un flujo para poder recuperar la contraseña. Valida el código y la coincidencia de contraseñas, envinado la solicitud hacia el backend con el correo institucional. Esto incluye el estado de las cargas callbacks para volver o confirmar el proceso.

c. Historial de desarrollo (Github)

Para la herramienta que se usó es Github, para el control de versiones del proyecto lo que permitió gestionar de eficiente el desarrollo de manera individual. Esta plataforma facilitó el seguimiento de los cambios realizados del código fuente, el arreglo de los errores. Además, ofrece ciertas funcionalidades como son la revisión del historial, la integración continua y la restauración de versiones anteriores, para esto contribuir la organización, trazabilidad y la calidad del proyecto.

A continuación, se muestra el historial de los diferentes commits más relevantes, que estas reflejan para la funcionalidad principal implementadas, correcciones importantes y mejoras significativas durante el desarrollo, para esto brindar una versión clara del progreso continuo y la evaluación del sistema.

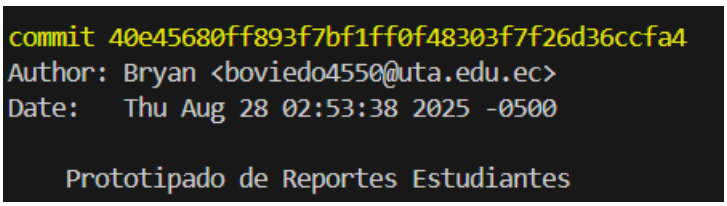


Figura 49. Commit prototipado de reportes de estudiantes

En la Figura 49, corresponde al módulo de reportes de estudiantes. Se definieron ciertas estructuras básicas, y la realización de reportes (Operación quirúrgica, Tiempos desempeño, Tiempo Total, Errores, Porcentajes).

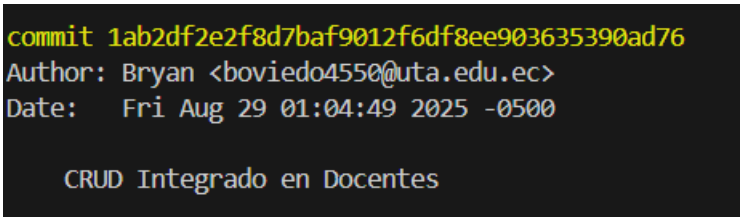


Figura 50. CRUD integrado en docentes

En la Figura 50, se implementó un CRUD (Create, Read, Update, Delete) para la gestión de los docentes hacia los estudiantes. Incluye la lógica para interactuar la base de datos y la interfaz que permite administrar los registros de manera complementa.

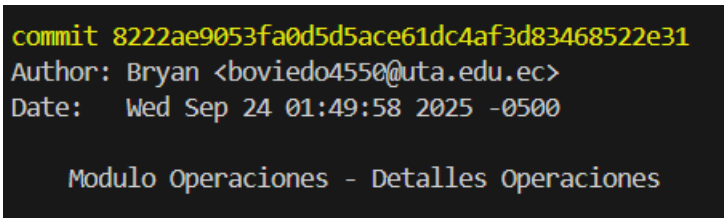


Figura 51. Módulo operaciones detalles de las operaciones quirúrgicas

En la Figura 51, el módulo de las operaciones quirúrgicas, estas se agregó la funcionalidad para mostrar los destalles específicos de cada tipo de operación la lógica. Permitiendo una gestión más precisa y organizada de los procedimientos.

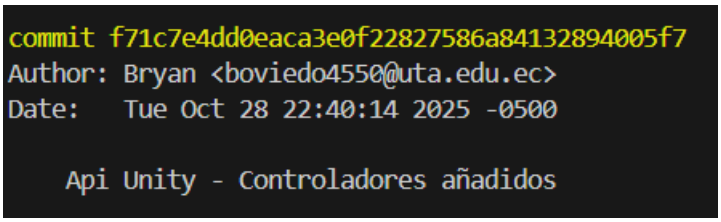


Figura 52. API Unity controladores agregados

En la Figura 52, este cambio se integra para los controladores del API en la comunicación de la base de datos con la funcionalidad del API para el Unity. Se añadieron los endpoints y la lógica necesaria para sincronizar los datos entre la aplicación web y el entorno de simulación.

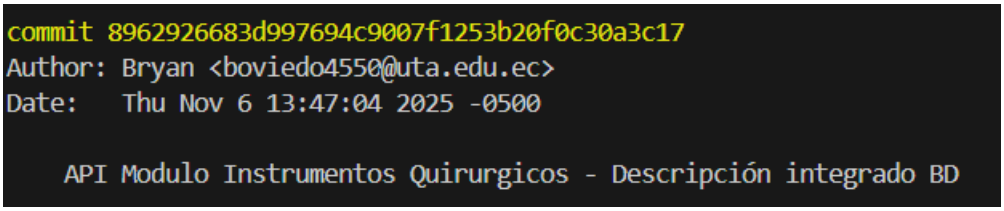


Figura 53. API módulo de instrumentos quirúrgicos con la base de datos

En la Figura 53, se incorporó la integración de la funcionalidad para la descripción de cada instrumento quirúrgico esto enviado de la base de datos, mejorando la consistencia y la gestión de información en el sistema.

3.4.4 Pruebas

Las pruebas de usabilidad se enfocaron para evaluar que tan sencillo, intuitivo, y eficiente resulta para los estudiantes realizar la interacción con entornos de RV. A través de sesiones guiadas, los usuarios ejecutaron tareas específicas mientras registraban dificultades de navegación, interacción con los objetos, selección de instrumentos. Estas pruebas permitieron detectar problemas de interfaz, tiempos de respuesta, los mensajes avisos a los comportamientos, facilitando a los ajustes para llegar a su versión final. (Ver Anexo D, Anexo E, Anexo F)

a. Casos de prueba de aceptación

Aquí se presenta los principales casos de pruebas de aceptación, los cuales verifican que las funcionalidades del sistema de RV operen todo correctamente desde la perspectiva del usuario.

Como se puede ver en la Tabla 43, se verifica que las credenciales sean las correctas para el usuario y pueda ingresar al sistema sin ningún tipo de problemas siempre y cuando sean las mismas al momento que el estudiante/docente se registró.

Tabla 43. Caso de prueba de aceptación inicio de sesión al sistema

Código: CPA-01	
Historia de Usuario: HU-01 Inicio de sesión en el sistema	
Nombre	Inicio de sesión con correo institucional
Descripción	Verifica que el usuario pueda iniciar sesión con su correo institucional y contraseña

	cifrada, accediendo a su perfil y al panel correspondiente a su rol
Condiciones de ejecución	Conexión a internet activa Usuario creado de la base de datos con credenciales válidas
Entrada / Pasos de ejecución	Abrir la interfaz web del sistema Ingresar el correo institucional Ingresar la contraseña correspondiente Presionar el botón "Iniciar Sesión"
Resultado esperado	El sistema autentica las credenciales Se muestra el panel de estudiante con su información correspondiente
Evaluación de la prueba	Aprobado si el usuario accede con credenciales correctas y no con credenciales inválidas

En la Tabla 44, hacemos verificación que el periodo académico sea solamente uno como máximo y que los otros estén desactivados, podemos hacer un CRUD de esta misma si queremos también editar el estado de esta.

Tabla 44. Caso de prueba de aceptación gestión de periodos académicos

Código: CPA-02	
Historia de Usuario: HU-02 Gestión de periodos académicos	
Nombre	Administración de periodos activos
Descripción	Verifica que el administrador pueda hacer un CRUD de los periodos académicos incluso para activar/desactivar el periodo académico correspondiente
Condiciones de ejecución	Usuario con rol administrador autenticado Módulo de periodos académicos disponible
Entrada / Pasos de ejecución	Iniciar sesión como administrador Acceder al módulo “Periodos académicos” Crear un nuevo periodo indicando fechas Activar el nuevo periodo académico Verificar que los demás están desactivados periodos académicos Editar los datos de un periodo existente
Resultado esperado	Se crea el nuevo periodo y aparece en el listado Al activarlo, el sistema desactiva los periodos académicos anteriormente Para editar se guarda correctamente

Evaluación de la prueba	Aprobado siempre haya como máximo un periodo académico, los cambios se reflejan en el sistema

En la Tabla 45, hacemos verificación que el estudiante ingresado tenga los menús con sus operaciones quirúrgicas y tiempos correspondientes, cada tiempo depende de su semestre al que está disponible.

Tabla 45. Caso de prueba de aceptación selección de operación y tiempo quirúrgico

Código: CPA-03	
Historia de Usuario: HU-03 Selección de operación y tiempo quirúrgico	
Nombre	Selección de operación y tiempo desde menús desplegables
Descripción	Verifica que el estudiante seleccione la operación y un tiempo quirúrgico, cargados desde la base de datos.
Condiciones de ejecución	Estudiante autenticado Periodo académico activo Operaciones, tiempos disponibles
Entrada / Pasos de ejecución	Inicia sesión como estudiante Accede al menú de selección de operación Elegir una operación del listado Abrir el dropdown de tiempos quirúrgicos Seleccionar un tiempo y continuar
Resultado esperado	Los menús se llenan con datos de la base de datos El dropdown de tiempos muestra las opciones válidas para el semestre La selección queda registrada para la siguiente pantalla (Unity/RV)
Evaluación de la prueba	Aprobado si la operación y el tiempo/s son seleccionados correctamente

Como se observa en Tabla 46, la verificación de que los instrumentos correspondientes desplegados en el menú sean seleccionados para armar la mesa mayo y que a su vez estos instrumentos sean válidos para generar el reporte del estudiante

Tabla 46. Caso de prueba de aceptación visualización y selección de instrumentos quirúrgicos

Código: CPA-04

Historia de Usuario: HU-04 Visualización y selección de instrumentos quirúrgicos	
Nombre	Carga de imágenes y selección de instrumentos por tiempo
Descripción	Valida que el estudiante pueda visualizar mediante las imágenes los instrumentos quirúrgicos, guardado en la base de datos
Condiciones de ejecución	Estudiante autenticado, operación y tiempo seleccionados Imágenes de instrumentos cargadas desde el backend Conexión entre backend y Unity activa
Entrada / Pasos de ejecución	Ingresar al menú de instrumentos en entornos de RV Visualizar esa lista de instrumentos Seleccionar el instrumento en el tiempo actual Verificar que el instrumento pase a la mesa mayo correspondiente
Resultado esperado	Las imágenes y nombres de los instrumentos se muestran correctamente Al seleccionar un instrumento válido, se asocia al tiempo quirúrgico y se registra todo en la base de datos
Evaluación de la prueba	Aprobado si los instrumentos se pueden seleccionar y quedan registrados y generar el reporte de avance del estudiante

Como se observa en la Tabla 47, el estudiante haya ingresado, la operación y el tiempo quirúrgico haya sido seleccionado, las imágenes correspondientes hayan sido seleccionadas luego habilitar el activado de mesa mayo, con su panel correspondiente.

Tabla 47. Caso de prueba de aceptación activación de la mesa quirúrgica

Código: CPA-05	
Historia de Usuario: HU-05 Activación de la mesa quirúrgica	
Nombre	Activar mesa para armado de instrumentos
Descripción	Verifica que el estudiante pueda activar la mesa quirúrgica, únicamente cuando el tiempo y la operación sean seleccionados
Condiciones de ejecución	Estudiante autenticado Operación y tiempo quirúrgico, junto con la imagen del instrumento seleccionado

Entrada / Pasos de ejecución	Selección de instrumento Ubicar el toggle de activación de la mesa Activar la mesa quirúrgica
Resultado esperado	La mesa quirúrgica se habilita Aparecen los paneles de armado y el título correspondiente del tiempo
Evaluación de la prueba	Aprobado si la mesa se activa las condiciones y el entorno sean cumplidas

En la Tabla 48, al momento de cerrar sesión el estudiante y quiera otra vez iniciar sesión da la oportunidad que pueda reanudar las actividades donde se quedó sin perder ningún tipo de información.

Tabla 48. Caso de prueba de aceptación guardado automático de progreso

Código: CPA-06	
Historia de Usuario: HU-06 Guardado automático de progreso	
Nombre	Reanudación de práctica desde el punto de interrupción
Descripción	Verifica que el sistema guarde automáticamente el progreso del estudiante para que pueda reanudar con la práctica
Condiciones de ejecución	Estudiante autenticado Guardado automático habilitado desde el backend
Entrada / Pasos de ejecución	Iniciar sesión y realización de la práctica Colocar instrumentos a la mesa Cerrar sesión Volver iniciar sesión Acceder nuevamente a la misma práctica
Resultado esperado	El sistema recupera el estado anterior (instrumentos colocados, tiempos, errores)
Evaluación de la prueba	Aprobado si el progreso se restaura correctamente sin pérdida de datos

En la Tabla 49, verificación de los reportes de los estudiantes por parte del docente mediante su módulo correspondiente.

Tabla 49. Caso de prueba de aceptación consulta de reportes por el docente

Código: CPA-07

Historia de Usuario: HU-07 Consulta de reportes de reportes por el docente	
Nombre	Consulta de reportes
Descripción	Verifica que el docente pueda consultar los reportes de los estudiantes a su materia
Condiciones de ejecución	Ingreso rol Docente autenticado Estudiantes con prácticas realizadas
Entrada / Pasos de ejecución	Iniciar sesión docente Acceder al módulo “Estudiantes” Seleccionar al estudiante Visualizar el listado de reportes Abrir un reporte en especifico
Resultado esperado	Muestra resultados finales hechas por los estudiantes de la práctica de operaciones quirúrgicas
Evaluación de la prueba	Aprobado si los reportes se cargan sin errores, y la información coincide

En la Tabla 50, se verifica las credenciales y accede al panel correspondiente según su rol (estudiante, docente, administrador).

Tabla 50. Caso de prueba de aceptación control de roles y accesos

Código: CPA-08	
Historia de Usuario: HU-08 Control de roles y accesos	
Nombre	Validación de paneles según su rol
Descripción	Verifica que el sistema según su rol (estudiante, docente, administrador)
Condiciones de ejecución	Existencia de usuarios con roles Sistema de autenticación y autorización activo
Entrada / Pasos de ejecución	Iniciar sesión estudiante/docente/administrador mediante sus credenciales Verificar que muestre su rol correspondiente Cerrar sesión
Resultado esperado	Cada rol ve únicamente al panel y módulos correspondientes
Evaluación de la prueba	Aprobado si la validación se respeta en cada rol al navegar por el sistema

En la Tabla 51, verificación de los reportes de los estudiantes tiempo total, numero de errores, porcentaje correspondiente a cada etapa de desempeño.

Tabla 51. Caso de prueba de aceptación visualización de reporte de estudiantes

Código: CPA-09	
Historia de Usuario: HU-09 Visualización de reportes de estudiantes	
Nombre	Visualización de reportes
Descripción	El estudiante puede generar reportes del procedimiento quirúrgico, tiempo total, numero de errores, y porcentajes de cada etapa de desempeño
Condiciones de ejecución	Armado de mesa mayo Botón “Generar Reporte” Estudiante visualiza el reporte
Entrada / Pasos de ejecución	Iniciar sesión estudiante Selección de operación y tiempo Armado de mesa mayo Botón “Generar Reporte” Estudiante visualiza el reporte
Resultado esperado	Muestra resultados finales de la práctica de operaciones quirúrgicas
Evaluación de la prueba	Aprobado si el reporte se carga sin errores y la información coincide con los datos

3.4.5 Lanzamiento

Durante esta fase de lanzamiento del sistema desarrollado bajo la metodología XP (Extreme Programming), se completó con éxito cumpliendo con todos los requisitos y validando su correcto funcionamiento. Dando continuación al producto final para uso por los usuarios, tras superar las pruebas necesarias y garantizando una experiencia estable e inmersiva.

3.5 Metodología para el desarrollo de realidad virtual



Figura 54: Metodología para desarrollo de aplicaciones de RV en escenarios de enfermería

En la Figura 54, se observa una metodología cíclica que se planteó para el desarrollo de aplicaciones de RV, está conformada por seis fases respectivamente: investigación y análisis, diseño, desarrollo, pruebas, implantación y mantenimiento. Los autores Ing. Kevin Saquinga e Ing. Daniel Sánchez en el artículo [3], describieron detalladamente la información en cada una de sus etapas respectivamente junto con sus roles específicos:

3.5.1 Fase de Investigación y Análisis

a. Roles:

- **Investigador Principal:** Lideraron en la identificación de los requisitos funcionales y no funcionales (Bryan Oviedo).
- **Expertos Médicos:** Cirujanos y enfermeras quirúrgicas que validaron la precisión médica del contenido (Dra. Marianela Mejías de Duarte – Dra. Yeisy Cristina Guarate Coronado – Mg. Ana Pamela Pachucho).

- **Analista de Sistemas:** Encargados que evaluaron la viabilidad técnica de las tecnologías disponibles (Bryan Oviedo).

- **Diseñador Instruccional:** Responsables de haber definido los objetivos y alinear la metodología con los resultados del aprendizaje (Bryan Oviedo).

b. Entregables:

- El documento realizado con sus requisitos funcionales y no funcionales, e informe de viabilidad técnica. (ver Especificación de requerimientos de software a través de la norma ISO 29148:2018)

- Informe viabilidad técnica (ver Tabla 1. Motores de desarrollo RV. Tabla 2. Lenguajes de programación en RV. Tabla 3. Comparación de Gafas de RV. Tabla 4. Comparación de bases de datos de RV)

3.5.2 Fase de Diseño

a. Roles:

- **Arquitecto de Software:** Diseñó la arquitectura modular del sistema, lo que permitió garantizar la escalabilidad, y el mantenimiento y la integración de futuras funcionalidades (Bryan Oviedo).

- **Diseñador de Experiencia de Usuario:** Elaboró los storyboards y prototipados de baja fidelidad, representando los flujos de interacción y la navegación (Bryan Oviedo).

- **Arquitectura Base de Datos Unity:** Desarrolló las tablas correspondientes a escenarios quirúrgicos de enfermería (Bryan Oviedo).

a. Entregables:

- Diagramas de caso de uso (ver Figura 16. Diagrama de caso de uso diagrama general del sistema. Figura 17. Diagrama de caso de uso de flujo del estudiante. Figura 18. Diagrama de caso de uso para administrador y docente)

- Esquema de la base de datos (ver Figura 19. Diseño de la base de datos del sistema)
- Historias de usuario (ver Tabla 34. Historia de usuario inicio de sesión. Tabla 35. Historia de usuario gestión de periodos académicos. Tabla 36. Historia de usuario selección de operación y tiempo quirúrgico. Tabla 37. Historia de usuario visualización y selección de instrumentos quirúrgicos. Tabla 38. Historia de usuario activación de la mesa quirúrgica. Tabla 39. Historia de usuario guardado automático de progreso. Tabla 40. Historia de usuario consulta de reportes. Tabla 41. Historia de usuario control de roles y accesos. Tabla 42. Historia de usuario visualización de reporte final)

3.5.3 Fase de Desarrollo

a. Roles:

- **Desarrollador de Software:** Implementó el motor de simulación y las funcionalidades principales del sistema (Bryan Oviedo).
- **Programador de RV:** Optimizó los gráficos y recursos de dispositivos de RV (Bryan Oviedo).
- **Experto en Contenido Médico:** Supervisó la integración de casos clínicos y la validación respectiva educativa (Dra. Marianela Mejías de Duarte – Dra. Yeisy Cristina Guarate Coronado – Mg. Ana Pamela Pachucho).

b. Entregables:

- Versión beta funcional

```
commit 4b60a091952c8fd18247d170358287e5633f00da (HEAD -> main, origin/main)
Author: Bryan <boviedo4550@uta.edu.ec>
Date:   Sat Nov 15 03:17:40 2025 -0500

    Dashboard Estudiante Reporteria - Arreglos Actualizados
```

Figura 55. Commit versión beta funcional

Como se observa en la Figura 55. Commit versión beta funcional, se presenta la versión beta funcional del sistema, lo cual incluye tanto la versión web (React), la implementación de la base de datos (MySQL) con las APIs endpoints correspondientes y el motor grafico (Unity) para los escenarios quirúrgicos. El estudiante puede realizar una práctica, seleccionar la operación con los tiempos quirúrgicos, armar la mesa mayo, retroalimentarse y por último generar el reporte especifico. Para el docente hacer un seguimiento del estudiante tener un listado de los estudiantes, y ver los reportes de cada estudiante. Por último, el administrador tener la capacidad de realizar un CRUD de periodos académicos, materias, paralelos, semestres, operaciones quirúrgicas, tiempos quirúrgicos, instrumentación quirúrgica, asignación de docentes a estudiantes, y la disponibilidad de una matriz hacia los estudiantes, que tiempos están disponibles para los estudiantes se recomienda obligatoriamente en Modo Claro para poder visualizar las opciones.

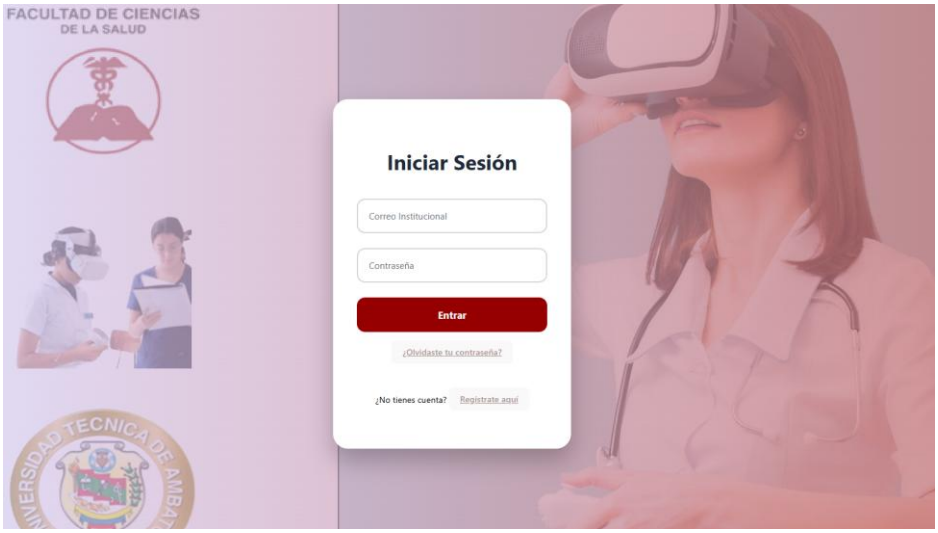


Figura 56. Login web versión beta

En la Figura 56, se muestra el Login para el tipo de rol especifico (estudiante, docentes, administrador), ingresa correo institucional y contraseña correspondientes.

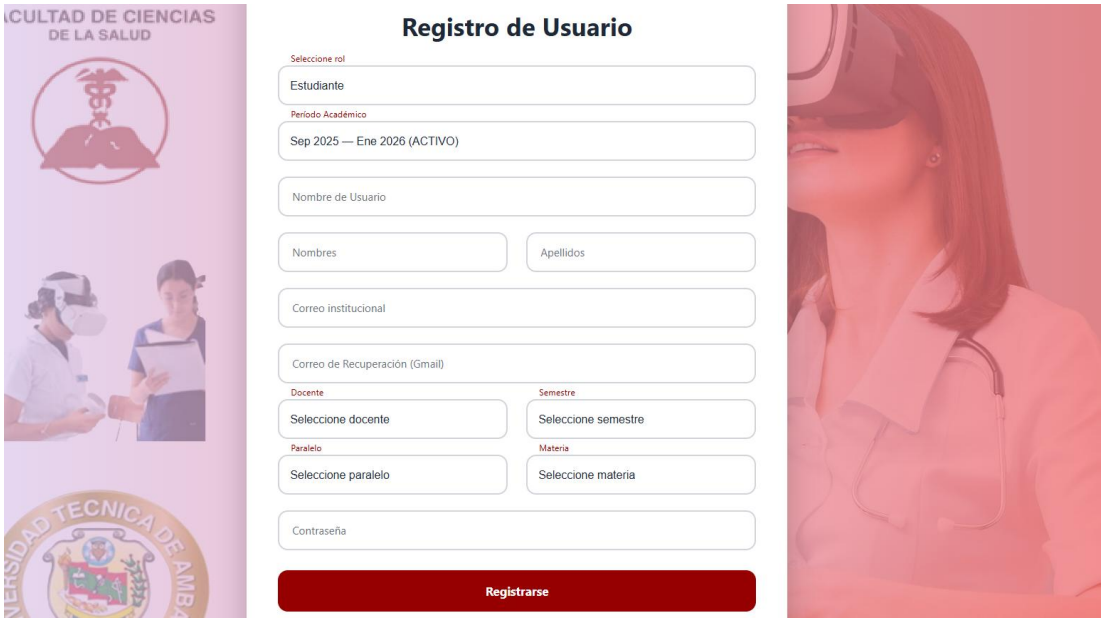


Figura 57. Registrarse web versión beta

En la Figura 57, se muestra el Registro para el tipo de rol especifico (estudiante, docentes), los campos correspondientes a seguir para crear un nuevo usuario.

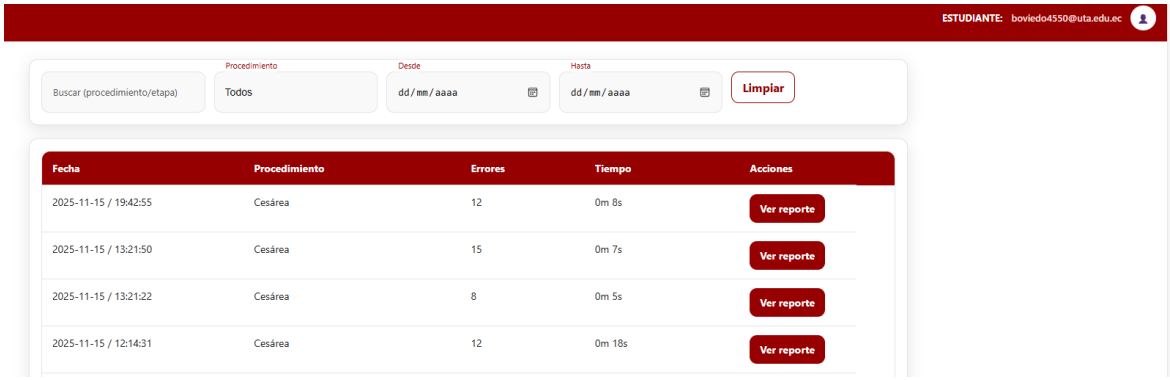


Figura 58. Panel del estudiante reportería de prácticas quirúrgicas versión beta

En la Figura 58, se muestra el panel de los estudiantes junto con los reportes específicamente para cada tipo de operaciones, fechas, procedimientos, errores, tiempo, los reportes.

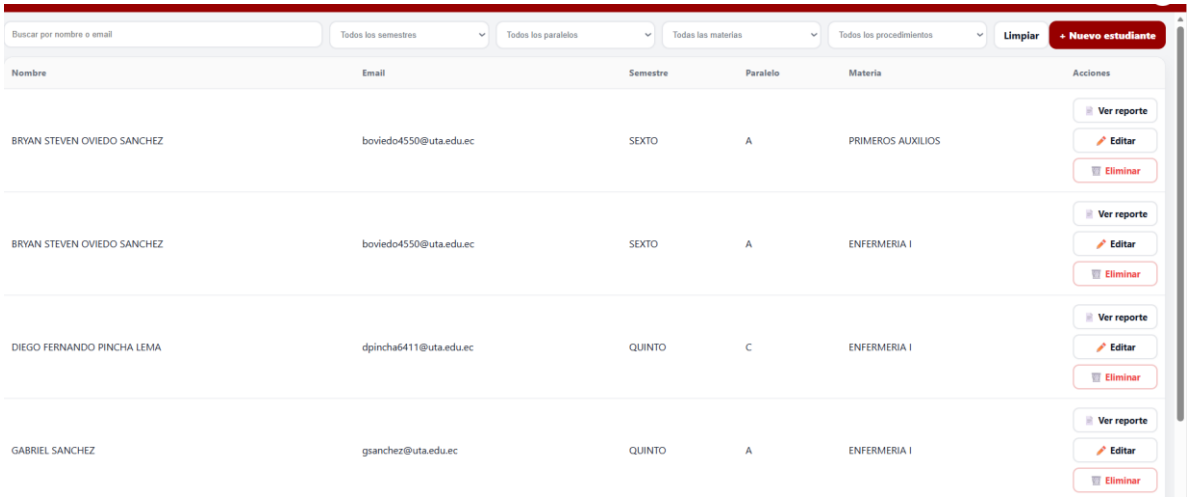


Figura 59. Panel del docente listado de estudiantes y reportes versión beta

En la Figura 59, se muestra el panel de los docentes, el listado de los estudiantes asignados a ese docente, los nombres, email, semestre, paralelo, materia y el CRUD hacia esos estudiantes.

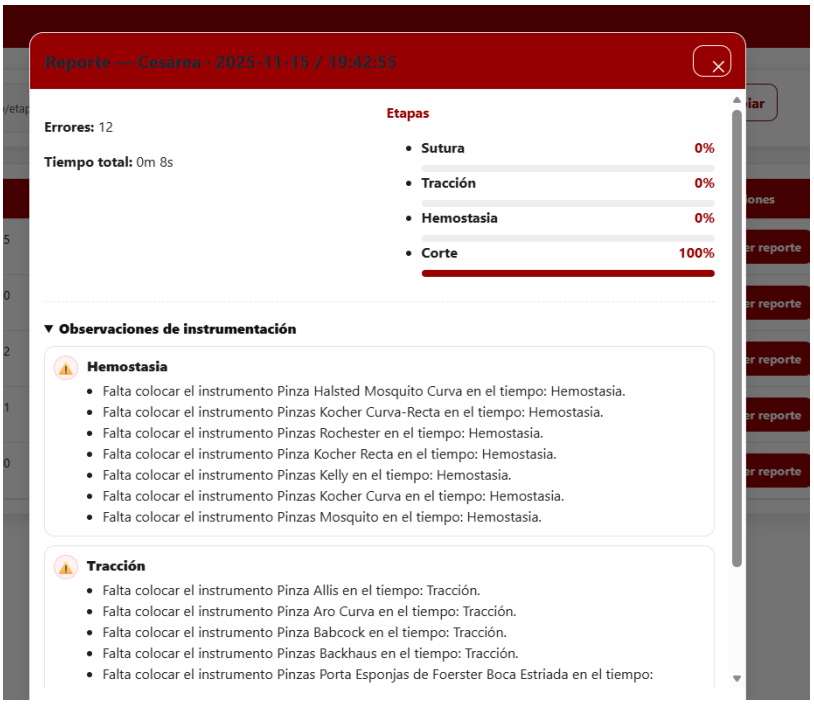


Figura 60. Vista de un reporte básico de progreso estudiante versión beta

En la Figura 60, se muestra un reporte del progreso del estudiante el esquema especifico, las etapas, los errores, tiempo total, las observaciones de cada etapa.



Figura 61. Inicio sesión Unity versión beta

En la Figura 61, se muestra el menú de principal de inicio sesión para ingresar el email institucional y contraseña correspondientes o llenar mediante el usuario, para el siguiente escenario.



Figura 62. Cierre de sesión Unity versión beta

En la Figura 62, se muestra las opciones para el cerrado de sesión de los estudiantes las opciones de “Guardar y salir”, con el progreso del guardado del estudiante en el avance, “No Guardar y salir” para no guardar su progreso automáticamente, o “Cancelar”.

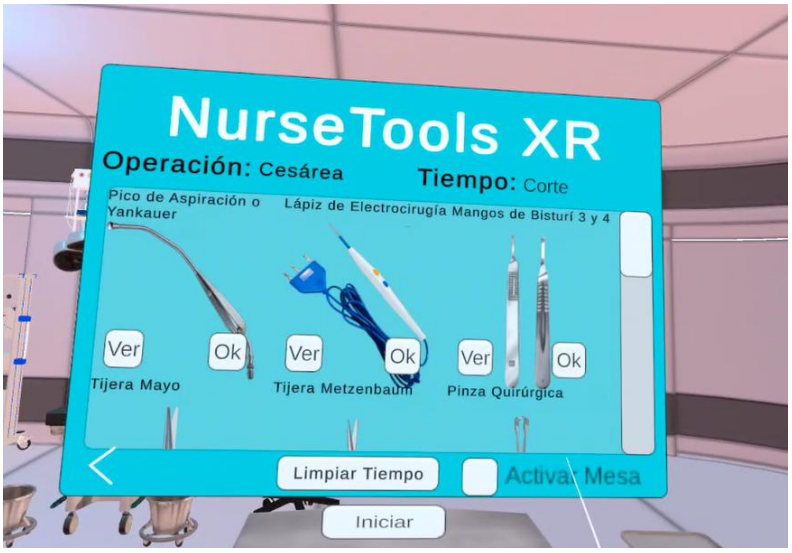


Figura 63. Menú de instrumentos Unity cargados de la base de datos versión beta

En la Figura 63, se muestra el menú de los instrumentos para cada tipo de operación juntos con sus tiempos correspondientes las opciones de cada instrumento con su nombre específicamente.



Figura 64. Detalles instrumentos Unity cargados de la base de datos versión beta

En la Figura 64, se muestra el detalle de los instrumentos específicamente traídos de la base de datos, junto con su imagen correspondiente con su descripción.

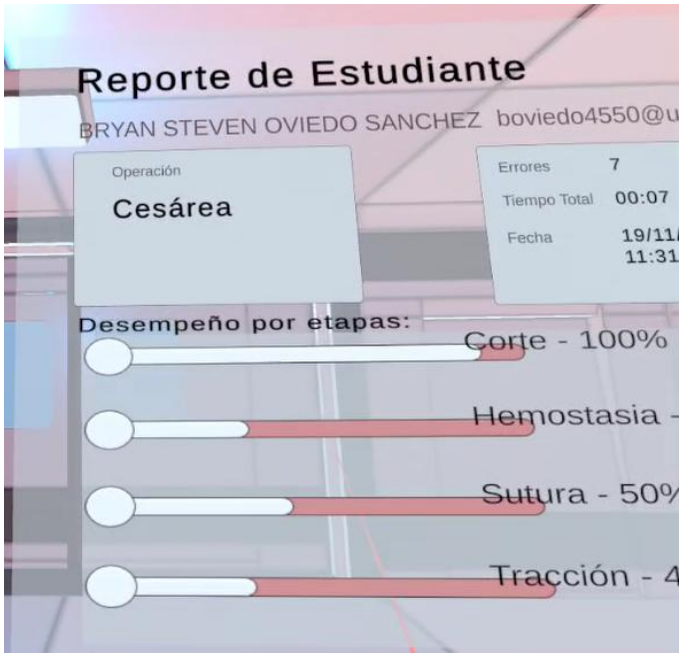


Figura 65. Reportería en Unity versión beta

En la Figura 65, se muestra los reportes al momento de accionar en “Generar Reporte” muestra la información del estudiante junto con la operación, errores, tiempo total, fecha, y el desempeño por etapas de cada tiempo en específico.

3.5.4 Fase de Pruebas

a. Roles:

- **Tester de Software:** Ejecutó las pruebas de funcionalidad y rendimiento (Bryan Oviedo).
- **Profesionales Médicos:** Evaluaron la precisión médica de los escenarios simulados (Dra. Marianela Mejías de Duarte – Dra. Yeisy Cristina Guarate Coronado – Mg. Ana Pamela Pachucho).
- **Usuarios finales (estudiantes y docentes):** Probaron la aplicación y proporcionaron retroalimentación sobre la usabilidad.
- **Analista de Datos:** Recopiló y analizó las métricas de uso y desempeño (Bryan Oviedo).

b. Entregables:

- Informe de pruebas de usabilidad (ver Anexo D. Cuestionario escala SUS. Anexo F. Cuestionario del método de evaluación TAM Docentes, Anexo E. Cuestionario del método de evaluación TAM Estudiantes)

- Casos de prueba de uso (ver Tabla 43. Caso de prueba de aceptación inicio de sesión al sistema. Tabla 44. Caso de prueba de aceptación gestión de periodos académicos. Tabla 45. Caso de prueba de aceptación selección de operación y tiempo quirúrgico. Tabla 46. Caso de prueba de aceptación visualización y selección de instrumentos quirúrgicos. Tabla 47. Caso de prueba de aceptación activación de la mesa quirúrgica. Tabla 48. Caso de prueba de aceptación guardado automático de progreso. Tabla 49. Caso de prueba de aceptación consulta de reportes por el docente. Tabla 50. Caso de prueba de aceptación control de roles y accesos. Tabla 51. Caso de prueba de aceptación visualización de reporte de estudiantes)

- Reporte de errores y soluciones propuestas: Se identificaron algunos errores los cuales se llevaron en el desarrollo del sistema correspondiente, estuvieron relacionados con la conexión de la base de datos con Unity, algunos también fueron identificados en el guardado de instrumentos quirúrgicos a la base de datos y la visualización de estos en la mesa mayo, como también en el guardado de sesiones. Se optó también videos de capacitación mediante videos, tutoriales, para guiar a los doctores y estudiantes a usar el sistema de la manera correcta y rápida posible.

3.5.5 Fase de Implementación

a. Roles:

- **Coordinador de Capacitación:** Organizó las sesiones de formación dirigidas a docentes y estudiantes (Dra. Marianela Mejías de Duarte).

- **Técnico de Soporte:** Solucionó los problemas técnicos surgidos durante del despliegue de la aplicación (Bryan Oviedo).

- **Gestor de Proyectos:** Supervisó el lanzamiento y distribución del sistema (Dra. Marianela Mejías de Duarte - Bryan Oviedo).

- **Comunicador Técnico:** Elaboró los manuales y tutoriales (Bryan Oviedo).

b. Entregables:

- Manuales (ver Anexo G. Manual del sistema. Anexo H. Manual del usuario)

Para garantizar un entorno de ejecución uniforme, reproducible y fácil de desplegar, se empleó Docker como plataforma de contenedores para los principales componentes del sistema: backend, frontend y base de datos. A través del uso de contenedores independientes, cada servicio opera con sus propias dependencias y configuraciones, evitando incompatibilidades entre entornos y simplificando la instalación en cualquier equipo. El backend en Node.js, el frontend desarrollado con React y la base de datos MySQL fueron encapsulados en contenedores definidos mediante archivos Dockerfile y gestionados con docker-compose, permitiendo su ejecución simultánea, comunicación interna y escalabilidad. Esta estrategia asegura que todo el sistema pueda levantarse con un solo comando, optimizando el proceso de implementación, pruebas y mantenimiento.

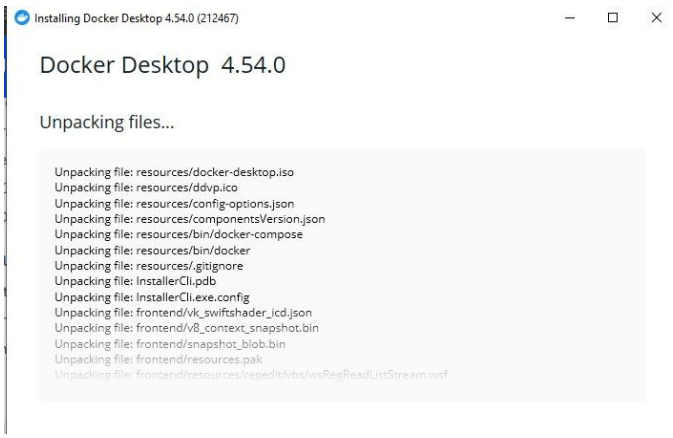


Figura 66. Instalación de Docker Desktop

En la Figura 66, se muestra el proceso de instalación de Docker Desktop 4.54.0, donde durante la instalación el sistema descomprime los archivos para configurar el entorno, usando WSL 2 para ofrecer entornos Linux y optimizar el desarrollo de aplicaciones.

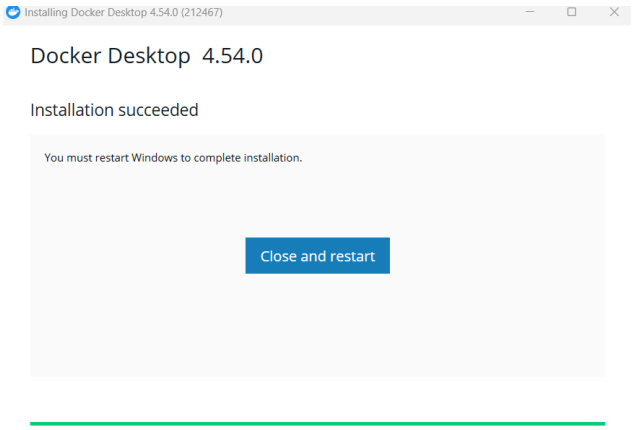


Figura 67. Finalización de la instalación de Docker Desktop

En la Figura 67, al finalizar la instalación se reinicia el equipo para poder guardar las configuraciones generadas de la aplicación.

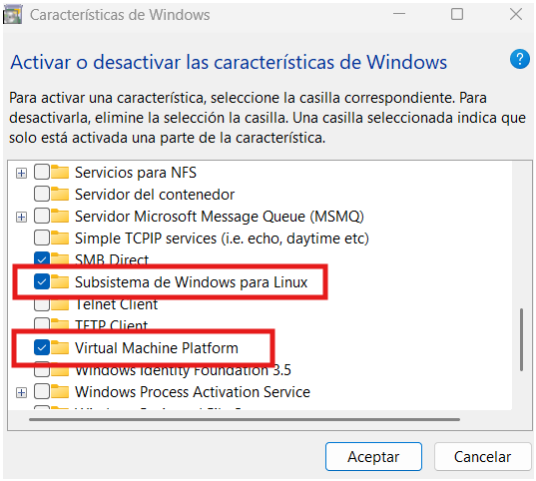


Figura 68. Características de Windows para contenedores

En la Figura 68, corresponde a la activación de las características de Windows, donde se pueden habilitar componentes adicionales del sistema operativo. Aquí seleccionamos “Subsistema de Windows para Linux” y “Virtual Machine Platform” permite que Windows soporte máquinas virtuales ligeras y contenedores, optimizando el desarrollo y pruebas en entornos Linux sin necesidad de hardware adicional y luego reiniciamos el equipo.

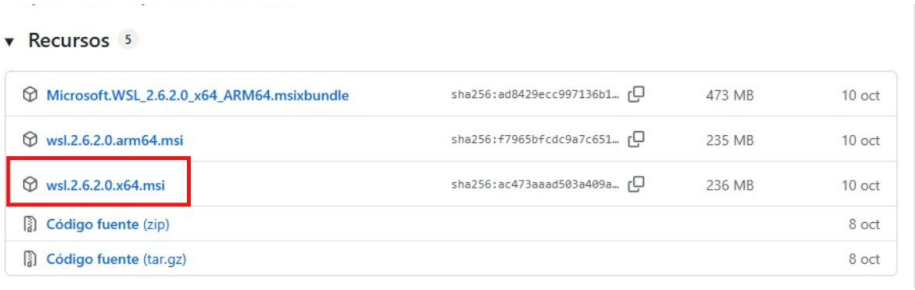


Figura 69. Instalador de WSL (Windows Subsystem for Linux)

En la Figura 69, el archivo llamado wsl.2.6.2.0.x64.msi, es un instalador para WSL, para sistemas Windows, permite ejecutar distribuciones de Linux directamente con Windows sin el uso de máquinas virtuales, son requeridos para la implementación de Docker, ya que WSL2 se usa para los contenedores.

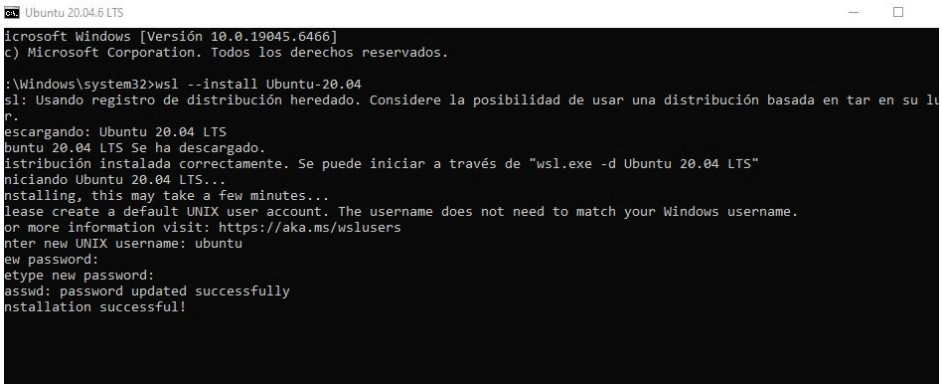


Figura 70. Instalación de Ubuntu 20.04 LTS en WLS

En la Figura 70, el comando realizado descarga e instala la distribución para ejecutar Linux de forma nativa dentro del sistema operativo Windows. Se solicita el usuario y la contraseña para la configuración básica, y poder ejecutar contenedores de manera eficiente.

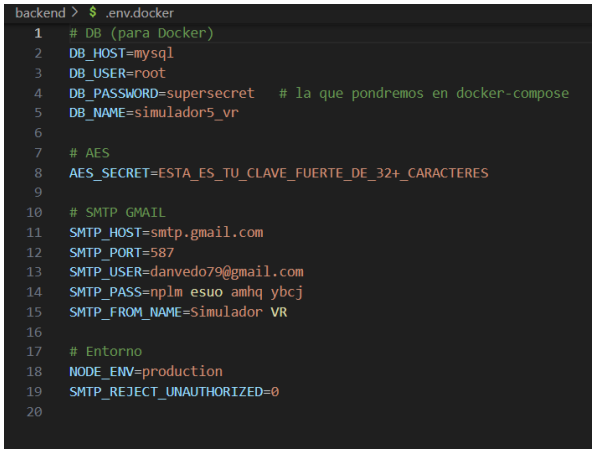


Figura 71. Archivo de configuración para variables de entorno Docker

En la Figura 71, usado para definir variables de entorno para configuración de contenedores Docker, sus parámetros esenciales, claves de seguridad, para aplicaciones desplegadas con Docker y Docker Compuse.

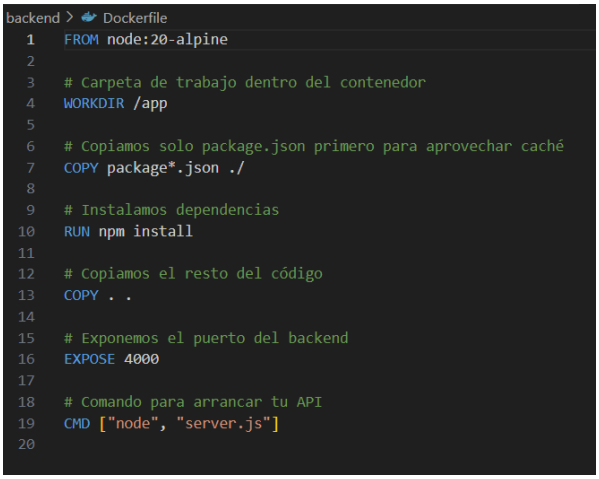


Figura 72. Dockerfile de imagen backend Node.js

En la Figura 72, define las instrucciones para crear la imagen de dicho contendor del backend, instalación de dependencias, paquetes, los puertos, para ejecutar la API dentro de Docker. .

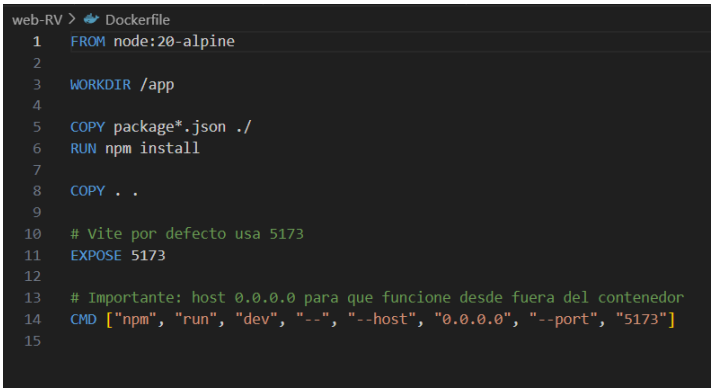


Figura 73. Dockerfile de imagen frontend con React

En la imagen Figura 73, define las instrucciones para crear la imagen de dicho contendor del frontend, instalación de dependencias, paquetes, los puertos, para ejecutar la API dentro de Docker

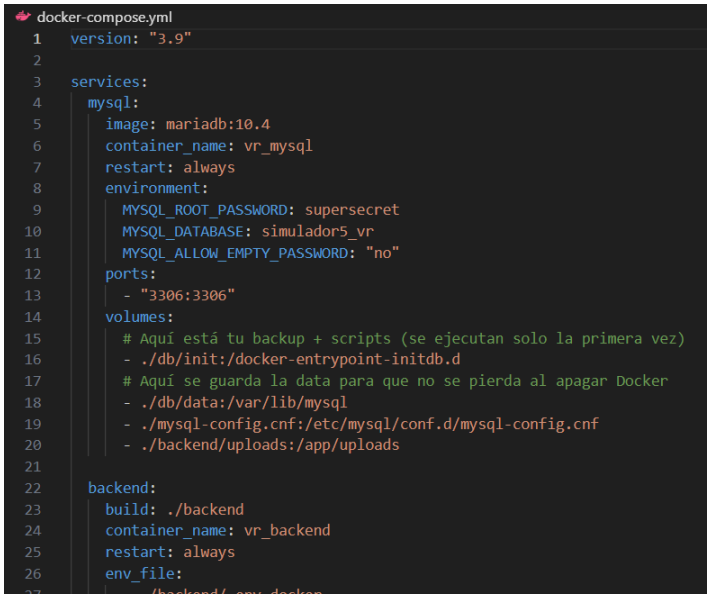


Figura 74. Archivo para la integración de servicios con Docker

En la imagen Figura 74, define las instrucciones y la orquestación de servicios en contenedores mediante Docker Compose, levantando base de datos, backend y frontend de manera conjunta. Facilita este enfoque la gestión y despliegue de aplicaciones en entornos aislados y la reproducibilidad.

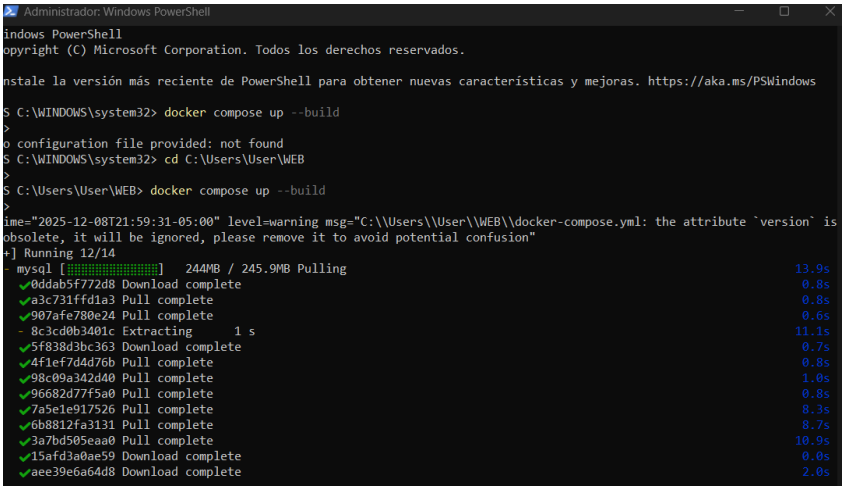


Figura 75. Ejecución de Docker Compose construcción y levantamiento de contenedores

En la Figura 75, se ejecuta el docker compose up –build, para levantar los contenedores especificados, la extracción de base de datos, backend y frontend correspondientemente, la orquestación de múltiples componentes de manera eficiente en el desarrollo con Docker.

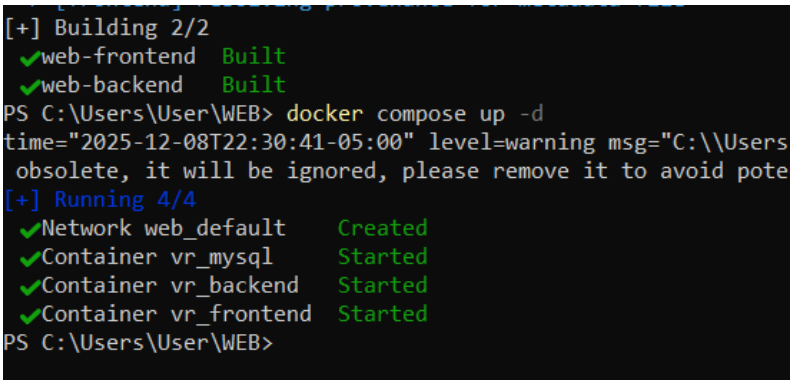


Figura 76. Despliegue exitoso de contenedores

En la Figura 76, muestra el proceso de construcción de las imágenes correspondientes para los contenedores, la infraestructura lista y funcionando, para la interacción entre los servicios en un entorno aislado y gestionado de Docker.

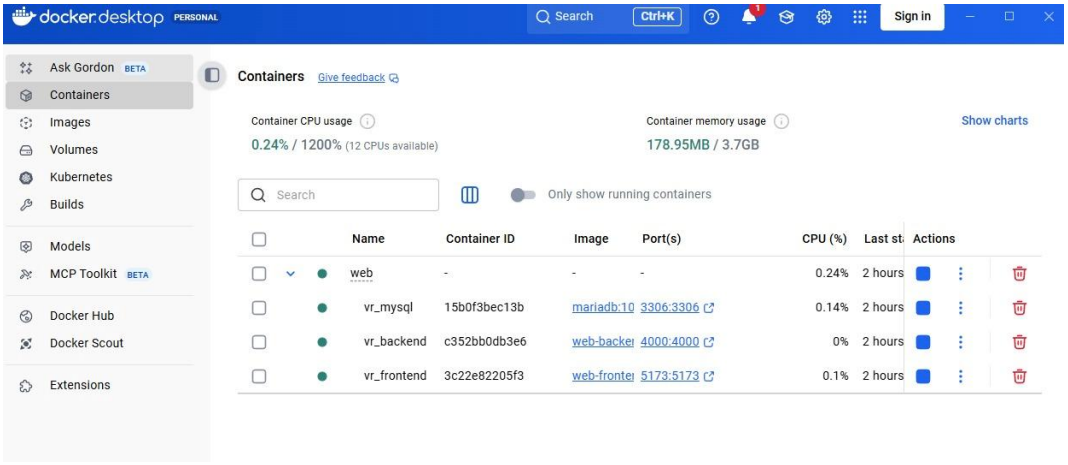


Figura 77. Despliegue exitoso de contenedores Docker Desktop

En la Figura 77, muestra el proceso de construcción de las imágenes correspondientes para los contenedores en desktop y el consumo de los recursos generados, funcionando respectivamente, se recomienda obligatoriamente en Modo Claro para poder visualizar las opciones.

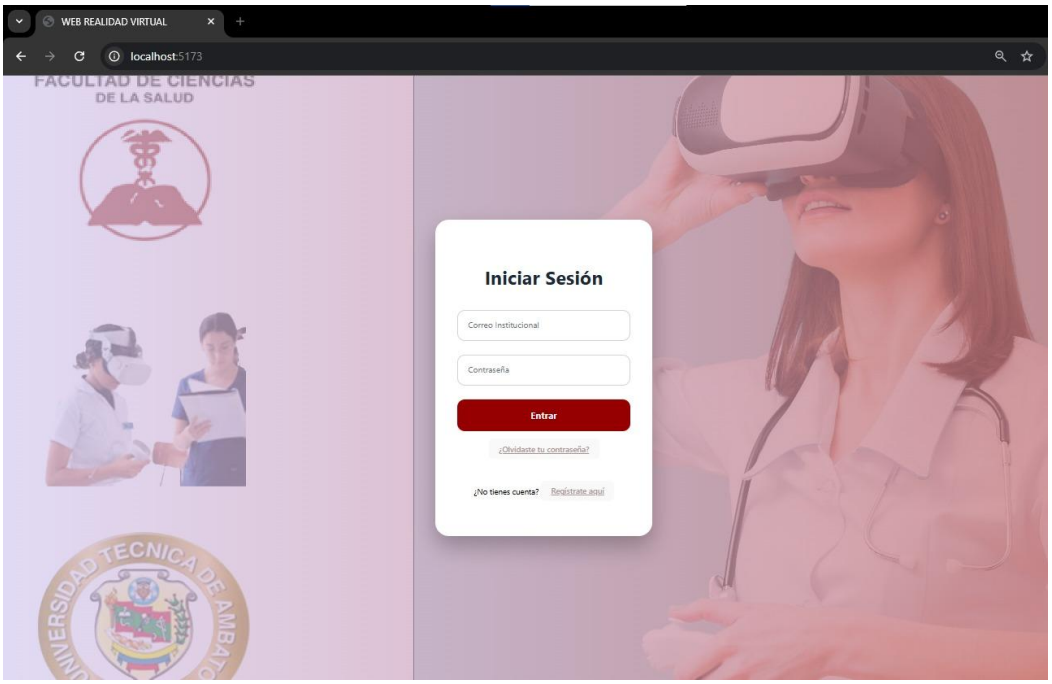


Figura 78. App Sistema desde otra computadora usando Docker

En la Figura 78, muestra el correcto funcionamiento desplegado del contenedor Docker, indicando la configuración de la red y exposición de puertos de manera adecuada.

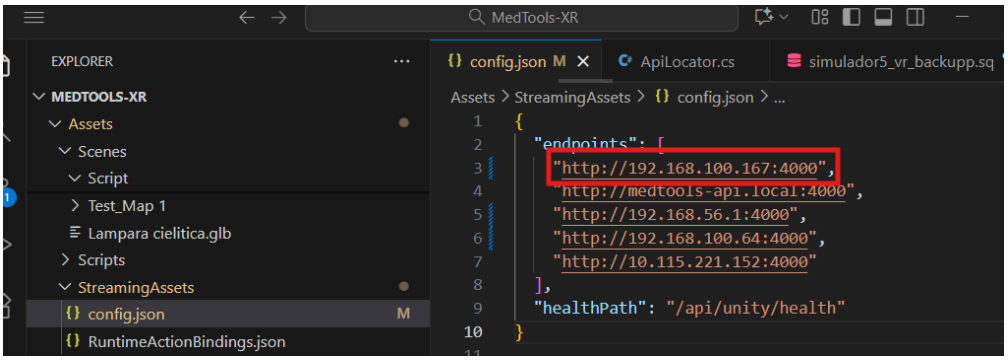


Figura 79. Actualización de IP para conexión desde otra computadora

En la Figura 79, se actualiza la IP en el archivo config.json para que el sistema de realidad virtual pueda conectarse al backend desplegado en Docker desde la nueva computadora, manteniendo el puerto 4000. Este ajuste es esencial para que las gafas de RV accedan correctamente a los servicios en la red local.

3.5.6 Fase de Mantenimiento y Mejora Continua

a. Roles:

- **Desarrollador de Actualizaciones:** Implementó mejoras basadas en retroalimentación de los usuarios, además monitorear el uso de la aplicación y métricas (Bryan Oviedo).
- **Experto Médico:** Validó las actualizaciones del contenido clínico, garantizando su precisión y relevancia educativa (Dra. Marianela Mejías de Duarte – Dra. Yeisy Cristina Guarate Coronado – Mg. Ana Pamela Pachucho).

b. Entregables:

- Versiones del sistema con nuevas funcionalidades

En total se realizó 38 commits en la parte web (frontend y backend), y 55 commits en la parte Unity de RV. Estas versiones ayudan en el proceso de desarrollo, lo cual se fue mejorando, los errores, aplicando nuevas sugerencias por parte de la retroalimentación. Mediante la herramienta GitHub permitió a organizar el tiempo los

avances, de manera individual. Algunos commits importantes más destacables son éstos:

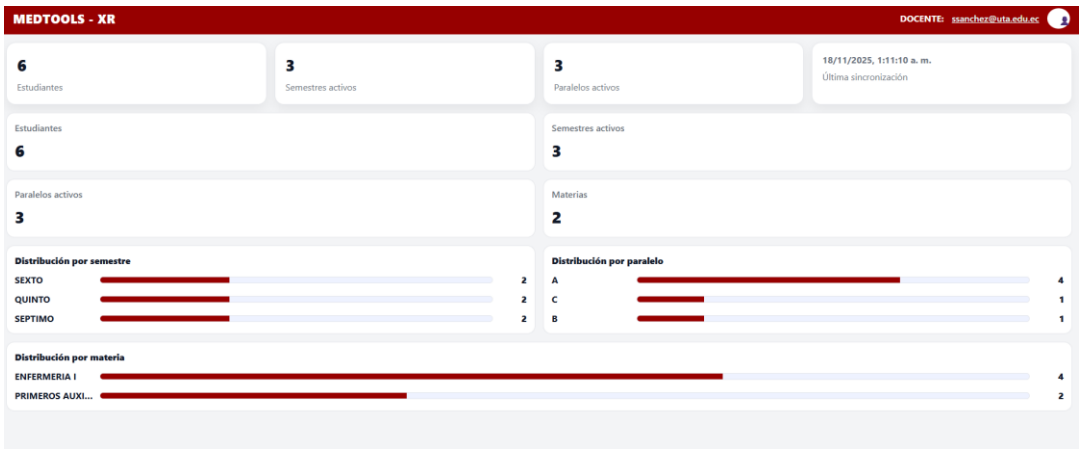


Figura 80. Diseño panel docente correspondiente al commit 5

En la Figura 80, se observa el diseño del panel docente implementado en el commit 5, donde se muestran métricas generales como número de estudiantes, semestres activos, paralelos activos y materias asignadas. También se visualiza la distribución por semestre, paralelo y materia mediante barras comparativas. Este diseño mejoró la interfaz docente haciéndola más clara, organizada y visualmente consistente con el resto del sistema.

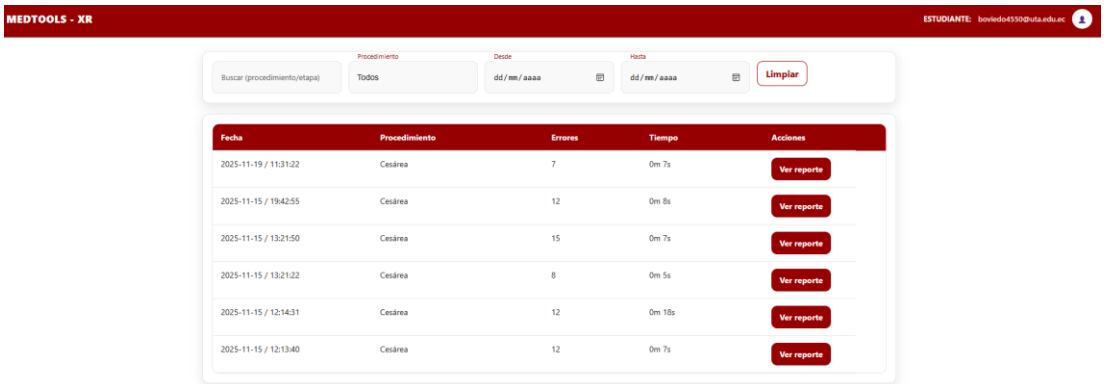


Figura 81. Diseño panel estudiantes correspondiente al commit 6

En la Figura 81, se aprecia el panel de reportes del estudiante, implementado en el commit 12. En esta versión se incorporó un sistema de filtrado por procedimiento y rango de fechas, además del buscador general. Se mejoró la tabla de reportes para

mostrar de forma clara la fecha, tipo de procedimiento, número de errores, tiempo total y una acción directa para visualizar el reporte completo. Este diseño permitió al estudiante revisar de manera ordenada su progreso y desempeño histórico.

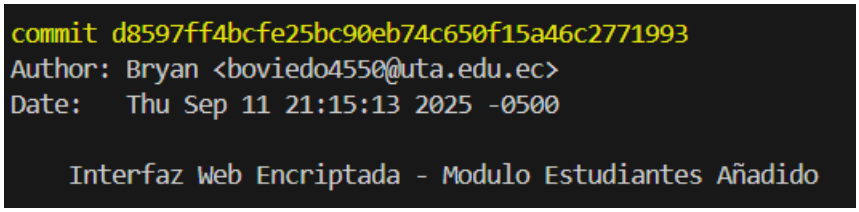


Figura 82. Encriptación base de datos con API al commit 10

En la Figura 82, se evidencia el resultado del commit d8597ff, donde se añadió el Módulo de Estudiantes junto con la implementación de cifrado en la interfaz web. Esta actualización fortaleció la seguridad de la información sensible y permitió gestionar a los estudiantes desde un módulo dedicado, cumpliendo con estándares de protección de datos.

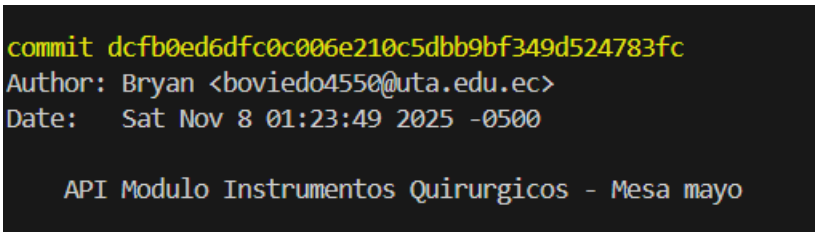


Figura 83. API módulo instrumentos quirúrgicos en mesa mayo al commit 29

La Figura 83, corresponde al commit dcfb0ed, donde se implementó la API del Módulo de Instrumentos Quirúrgicos, específicamente la funcionalidad asociada a la Mesa Mayo. Este avance permitió integrar el registro y validación de instrumentos dentro del flujo quirúrgico del sistema.

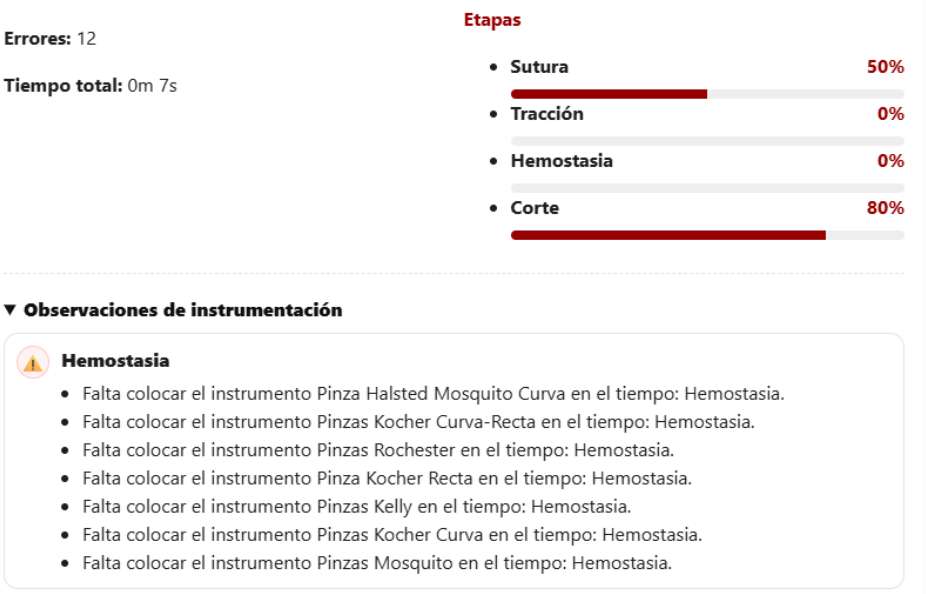


Figura 84. API módulo de reportaría y observaciones commit 32

En la Figura 84, se presenta el reporte visual generado tras el commit c8b1463, donde se corrigieron los porcentajes de acierto por etapa y se ajustó el cálculo de errores. Se incorporó un panel claro con porcentajes por etapa (Sutura, Tracción, Hemostasia y Corte), así como una sección de observaciones agrupadas por tiempo quirúrgico.

```
commit 5639eb6e7cf620733ae2297d11764e6e77ad5e5a (origin/bryan)
Author: KEVIN-XTREM-2023 <kevinxtrem2022@gmail.com>
Date:   Mon Apr 21 19:44:06 2025 -0500

    Cambios Mesa Mayo
```

Figura 85. API módulo de reportaría y observaciones commit 37

La Figura 85, refleja los cambios aplicados en la Mesa Mayo tras el commit 5639eb6, donde se optimizó la organización de los instrumentos, la lógica de selección y el comportamiento visual durante la interacción del estudiante. Estas mejoras incrementaron la claridad del proceso de armado.

```
commit 393d0eddb9e58950a411275992d95c05ba0c761d
Author: Bryan <boviedo4550@uta.edu.ec>
Date:   Fri Oct 31 15:10:42 2025 -0500

    Creacion host Unico para direcciones IPs
```

Figura 86. Creación host único para direcciones IPs commit 45

En la Figura 86, se documenta el resultado del commit 393d0edd, el cual estableció un host único para la gestión y asignación de direcciones IP dentro del entorno del sistema. Esta mejora permitió uniformar las comunicaciones entre módulos web y Unity.

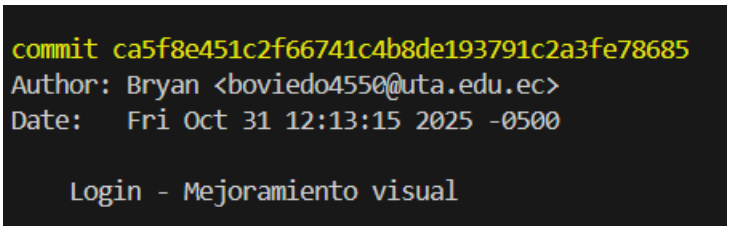


Figura 87. Mejoramiento visual commit 52

La Figura 87, muestra la mejora visual aplicada a la interfaz de Login durante el commit ca5f8e45. Se modernizó la disposición, colores y tipografía, logrando una experiencia más clara, profesional y consistente con la identidad gráfica del proyecto.

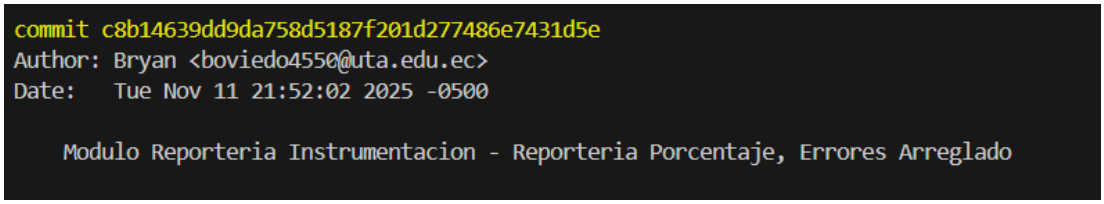


Figura 88. Modulo reportería instrumentación, porcentajes, errores commit 56

En la Figura 88, se observa el módulo de reportería actualizado, donde se corrigieron cálculos de errores y porcentajes de acierto por tiempo quirúrgico. Las observaciones se muestran de forma agrupada y visualmente ordenada.

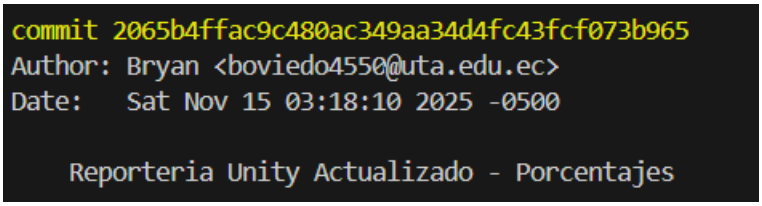


Figura 89. Modulo reportería Unity actualizado commit 64

La Figura 89, corresponde al commit 2065b4ff, donde se actualizaron los porcentajes de desempeño dentro de la reportería en Unity. Estas mejoras permitieron mostrar métricas más precisas y alineadas con el comportamiento real del estudiante durante la prueba.

3.6 Tabla comparativa entre las dos metodologías aplicadas (XP y Metodología de desarrollo RV)

En la observación de la Tabla 52, presenta una comparación entre las metodologías Extreme Programming (XP) y desarrollo de Realidad Virtual (RV), considerando criterios como finalidad, tipo de entregables, participación del usuario, gestión de riesgos, forma de desarrollo y relación con los objetivos específicos del proyecto. Mientras XP se orienta a la construcción iterativa e incremental del software, priorizando la comunicación continua con el equipo y la rápida incorporación de cambios, la metodología de desarrollo de RV se centra en el diseño del entorno inmersivo, la interacción con los instrumentos quirúrgicos y la coherencia de los escenarios clínicos simulados.

Tabla 52. Tabla comparativa entre metodologías (XP y Metodología de desarrollo RV)

Criterio de análisis	**Metodología XP**	**Metodología de desarrollo RV**
Finalidad principal	Optimizar en el desarrollo del software, mediante iteraciones cortas, la retroalimentación continua	Construir entornos 3D inmersivos, interactivos, óptimos para simulación
Tipos de entregables	Versiones beta funcionales, módulos incrementales, prototipos, funcionalidad	Iteraciones mediante RV, la instrumentación, la organización para el armado de la mesa mayo, y reportería
Participación del usuario	Revisiones frecuentes, retroalimentación inmediata de cada iteración	Pruebas de usabilidad del sistema hacia los estudiantes

Riesgos que controla	Cambios constantes sobre los requisitos, errores de funcionales	Mareos, baja de tasa de fps, rendimiento, la interacción de los objetos
Desarrollo del sistema	Centrado en la codificación, API, base de datos, la lógica de usuarios y el progreso	Centrado en entorno, interacción RV y física
Aplicabilidad	Desarrollo del sistema web + API + lógica	Desarrollo del sistema Unity + API + base de datos

Mediante este apartado, XP contribuyó principalmente al desarrollo de la plataforma web y de los servicios de backend, permitiendo gestionar usuarios, reportes y seguridad de la información mediante ciclos cortos de mejora continua. Por su parte, la metodología de RV aportó al cumplimiento de los objetivos relacionados con la experiencia inmersiva, el armado de la Mesa Mayo y la evaluación del desempeño del estudiante dentro del simulador. De esta manera, XP resultó fundamental para garantizar la funcional del sistema, mientras que la metodología de RV permitió controlar riesgos específicos como la usabilidad en RV, la precisión del contenido clínico y la efectividad pedagógica de la simulación.

3.7 Vínculo con la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP)

Para la base de datos, la protección de la información personal se implementó principalmente en la tabla usuarios, donde los datos sensibles no se almacenan en texto plano. Campos como nombre de usuario, nombres, apellidos y correos electrónicos se guardan en sus versiones cifradas utilizando el algoritmo simétrico AES. La clave maestra de cifrado no se codifica en la aplicación, sino que se almacena en la tabla secretos y se obtiene mediante la función get_aes_key(), lo que permite su rotación y administración controlada.

Adicionalmente, el correo institucional se indexa mediante un hash criptográfico, lo que permite realizar búsquedas o verificaciones sin exponer el valor real del correo. Las contraseñas no se almacenan en texto plano, sino en campos cifrados y, de forma complementaria, para esquemas de hash avanzados. En los procesos de recuperación

de acceso, almacena únicamente códigos de recuperación en forma de hash, evitando guardar códigos visibles. Los disparadores se encargan de cifrar automáticamente los datos antes de cualquier inserción o actualización y de eliminar los valores en texto plano, reforzando la confidencialidad y la integridad de la información.

3.8 Arquitectura

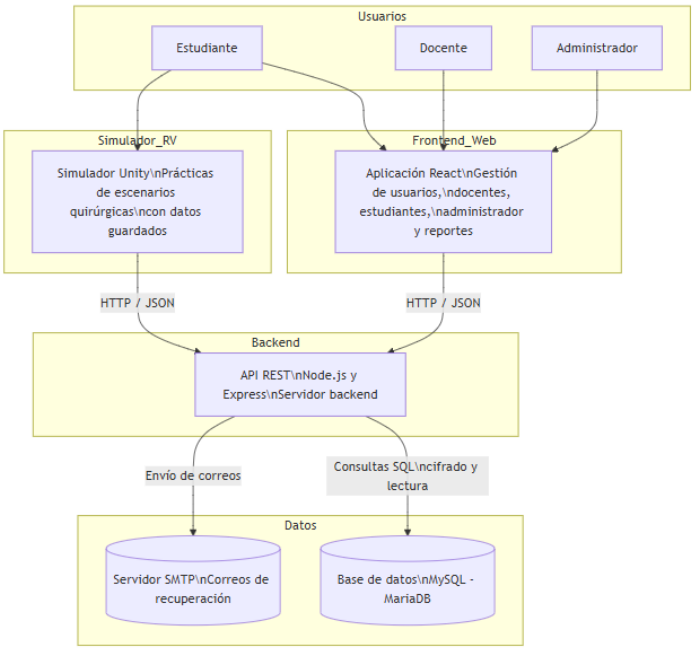


Figura 90. Arquitectura general del sistema de simulación en RV

La Figura 90, presenta la arquitectura general del sistema, en la que se integran el frontend web desarrollado en React, el backend implementado con Node.js y Express, la base de datos MySQL/MariaDB y el simulador de Realidad Virtual desarrollado en Unity. Tanto los usuarios web (estudiantes, docentes y administradores) como el simulador de prácticas quirúrgicas consumen las APIs REST del servidor, que centraliza la lógica de negocio, la gestión de seguridad y el acceso a los datos persistentes.

El frontend web en React gestiona los módulos de administración de usuarios, periodos académicos, semestres, paralelos, materias, procedimientos y reportería de resultados, permitiendo que docentes y administradores configuren y consulten la información académica y clínica del sistema. Por su parte, el simulador en Unity consume los

mismos servicios de la API para registrar las prácticas de instrumentación, enviar los resultados de los reportes y recuperar esos datos de desempeño del estudiante en la parte web.

El servidor backend, desarrollado en Node.js con Express, expone un conjunto de APIs REST que cubren el registro y autenticación de usuarios, la gestión de catálogos, la asociación del docente al estudiante, la generación y consulta de reportes y el flujo de recuperación de contraseña.

3.9 Encuestas para medir la usabilidad

Para evaluar la usabilidad y la aceptación del sistema, se aplicaron dos instrumentos: las cuales son SUS (System Usability Scale) está dirigida a los estudiantes, para medir la percepción de la facilidad de uso, y TAM (Technology Acceptance Model) aplicado para estudiantes y docentes respectivamente, para analizar diferentes factores relacionados con la utilidad percibida y la intención de uso.

3.9.1 Cuestionario SUS

Para la evaluación del sistema mediante la usabilidad, se usó SUS, es reconocido por ser sencillo y rápido para evaluar, como también la percepción de los usuarios para la facilidad de uso del sistema. El instrumento consta de preguntas 10 preguntas, mediante una escala de Likert de cinco niveles, desde “Totalmente en desacuerdo” hasta “Totalmente en acuerdo” (ver Anexo D). El cuestionario SUS, busca una visión de manera general al rendimiento de la interfaz desde la perspectiva del estudiante, facilitando comparaciones y análisis cuantitativos con la experiencia de uso.

a. Aplicación y muestra

El sistema fue realizada a prueba mediante los a 97 estudiantes de enfermería durante el periodo de semestre. Cada participante usaba la aplicación de RV para las prácticas de simulación en escenarios quirúrgicos, y al transcurso de la sesión y finalización completaban el cuestionario correspondiente. Mediante este proceso permitió medir no solamente la percepción inicial de usabilidad sino también la experiencia del usuario mediante la ocupación del sistema, detectando mejoras y dificultades en el uso.

b. Análisis de resultados

- ***Pregunta 1: Me gustaría usar este sistema de manera habitual.***

Mediante la Figura 91, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 73% indicó estar totalmente de acuerdo, lo que refleja una aceptación muy alta y disposición para usar el sistema con frecuencia. Un 5% manifestó estar de acuerdo, sumando un 78% de opiniones positivas. Por otro lado, el 16% se mostró neutral, mientras que solo un 5% estuvo en desacuerdo y apenas un 1% totalmente en desacuerdo, evidenciando una mínima percepción negativa. Estos resultados sugieren que la gran mayoría de los usuarios se siente cómoda con el sistema y muestra una fuerte intención de uso habitual.

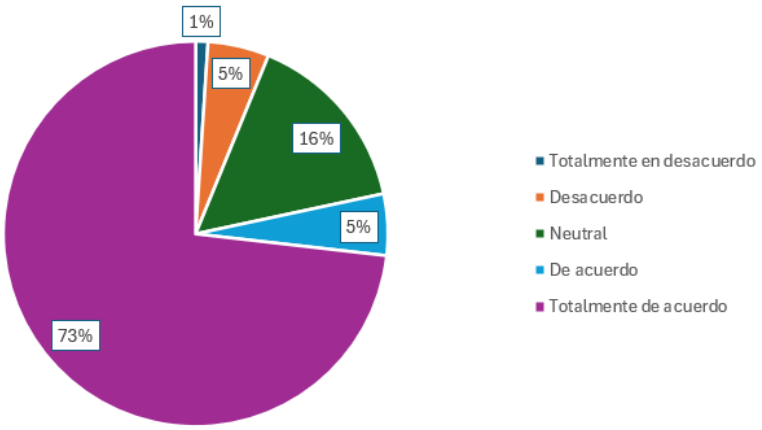


Figura 91. Resultados encuesta SUS pregunta 1

- ***Pregunta 2: Encontré que el sistema tenía un nivel de complejidad innecesario.***

Mediante la Figura 92, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 63% de los participantes indicó estar totalmente en desacuerdo, lo que refleja que la mayoría considera que el sistema no presenta una complejidad innecesaria. Un 13% estuvo en desacuerdo, sumando un 76% de opiniones negativas frente a la afirmación, lo cual es positivo para la percepción de simplicidad. Por otro lado, el 16% se mostró neutral, mientras que solo un 5% estuvo de acuerdo y un 3% totalmente de acuerdo, evidenciando que son pocos quienes perciben el sistema como complejo. Estos resultados sugieren que la herramienta es considerada mayormente clara y sencilla por los usuarios.

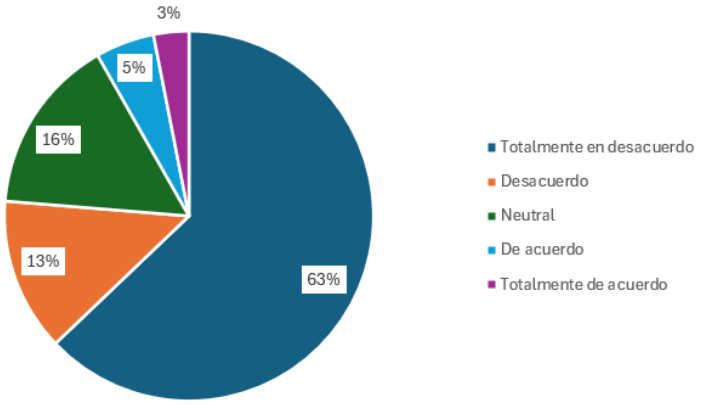


Figura 92. Resultados encuesta SUS pregunta 2

- ***Pregunta 3: Consideré que el sistema me resulta sencillo de manejar.***

Mediante la Figura 93, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 30% de los encuestados estuvo de acuerdo con la afirmación, mientras que el 50% manifestó estar totalmente de acuerdo. Por otro lado, el 15% permaneció neutral, el 4% expresó desacuerdo y solo un 1% indicó estar totalmente en desacuerdo. Esto refleja que la mayoría considera que el sistema resulta sencillo de manejar, lo cual sugiere una percepción positiva sobre su facilidad de uso y una experiencia general favorable en términos de usabilidad.

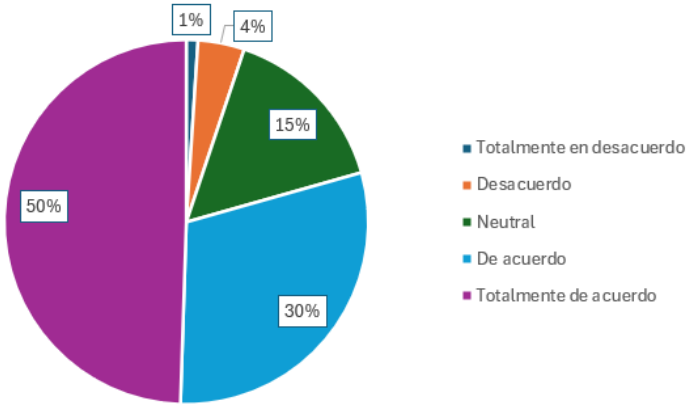


Figura 93. Resultados encuesta SUS pregunta 3

- ***Pregunta 4: Creo que necesitaría apoyo de una persona para poder usar el sistema.***

En la Figura 94, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 32% de los encuestados estuvo de acuerdo con la

afirmación, mientras que el 36% manifestó estar totalmente de acuerdo. Por otro lado, el 25% permaneció neutral, el 4% expresó desacuerdo y solo un 3% indicó estar totalmente en desacuerdo. Estos resultados sugieren que una proporción significativa considera que necesitaría apoyo para utilizar el sistema, lo cual indica que, aunque el diseño es funcional, aún existen áreas de mejora en términos de autonomía y facilidad de uso.

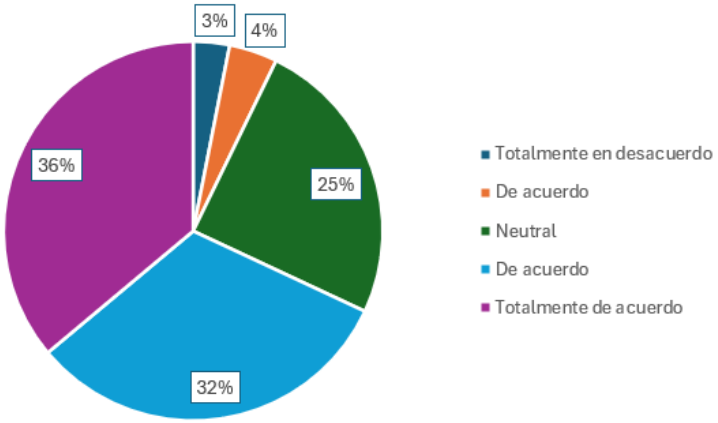


Figura 94. Resultados encuesta SUS pregunta 4

- ***Pregunta 5: Las funciones del sistema están de manera coherente integradas.***

En la Figura 95, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 57% de los usuarios declaró estar completamente conforme con la integración de las funciones, y el 30% estuvo de acuerdo, sumando un total del 87%. El 13% mantuvo una posición neutral y no se reportaron reacciones negativas. El sistema fue percibido como una herramienta con componentes bien coordinados y una lógica interna clara. La evolución muestra un progreso constante, que termina en una percepción muy positiva de su integración funcional.

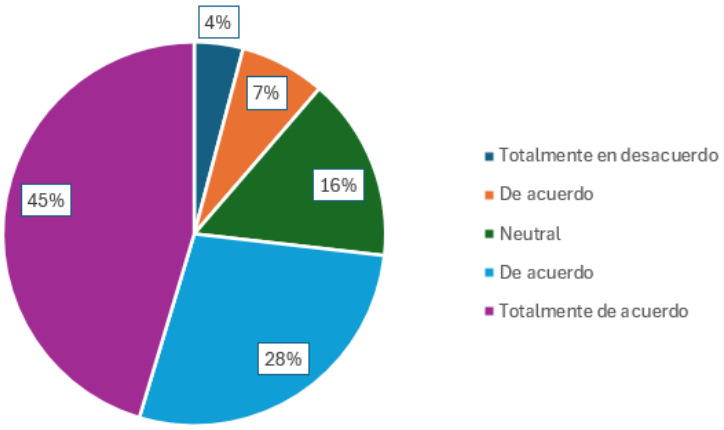


Figura 95. Resultados encuesta SUS pregunta 5

- ***Pregunta 6: El sistema mostró inconsistencias durante su uso.***

En la Figura 96, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 57% indicó estar totalmente en desacuerdo con la afirmación, mientras que el 33% manifestó desacuerdo. Por otro lado, el 10% permaneció neutral y ningún participante expresó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo. Estos resultados reflejan que la mayoría considera que el sistema no presentó inconsistencias durante su uso, lo cual es indicativo de una buena estabilidad y confiabilidad en el funcionamiento del sistema.

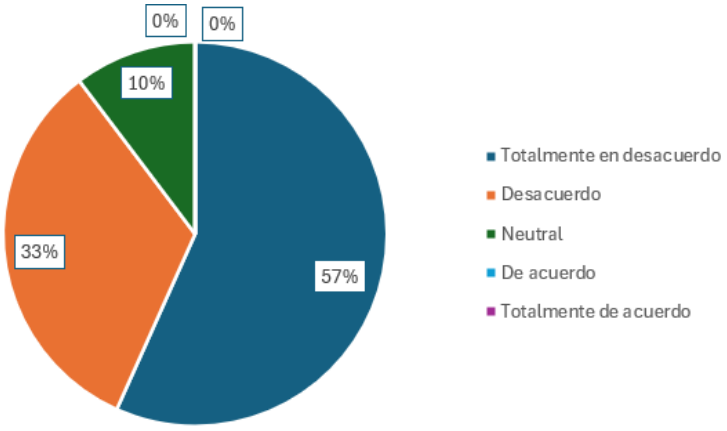


Figura 96. Resultados encuesta SUS pregunta 6

- ***Pregunta 7: Considero que la mayor parte de los usuarios podrían usar este sistema rápidamente.***

En la Figura 97, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 76% indicó estar de acuerdo con la afirmación, mientras que el 15% manifestó estar totalmente de acuerdo. Por otro lado, el 9% permaneció neutral y ningún participante expresó desacuerdo o total desacuerdo. Estos resultados reflejan que la mayoría considera que la mayor parte de los usuarios podría utilizar el sistema rápidamente, lo cual indica una percepción positiva sobre la facilidad de aprendizaje y la eficiencia del diseño.

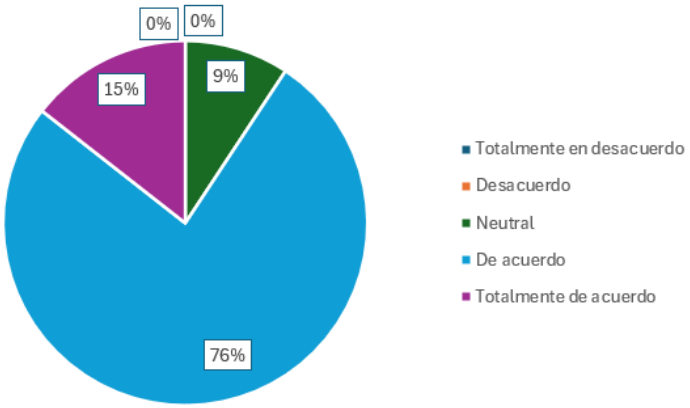


Figura 97. Resultados encuesta SUS pregunta 7

- ***Pregunta 8: En mi percepción resultó difícil de utilizar.***

En la Figura 98, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 63% de los encuestados indicó estar totalmente en desacuerdo con la afirmación, mientras que el 9% manifestó desacuerdo. Por otro lado, el 24% permaneció neutral y solo un 4% expresó estar de acuerdo, sin que ningún participante indicara estar totalmente de acuerdo. Estos resultados reflejan que la mayoría considera que el sistema no resultó difícil de utilizar, lo cual sugiere una percepción positiva sobre su facilidad de uso y una experiencia general favorable.

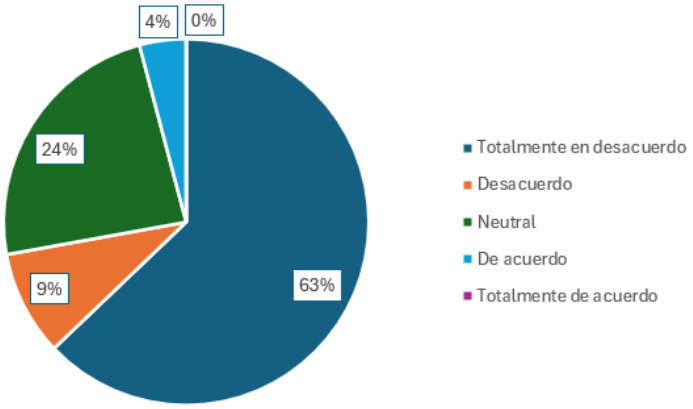


Figura 98. Resultados encuesta SUS pregunta 8

- ***Pregunta 9: Me sentí confiado usando este sistema.***

En la Figura 99, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 26% de los encuestados indicó estar de acuerdo con la afirmación, mientras que el 48% manifestó estar totalmente de acuerdo. Por otro lado, el 24% permaneció neutral, el 2% expresó desacuerdo y ningún participante indicó estar totalmente en desacuerdo. Estos resultados reflejan que la mayoría se sintió confiada al usar el sistema, lo cual sugiere una percepción positiva sobre la seguridad y la facilidad de uso, fortaleciendo la experiencia general del usuario.

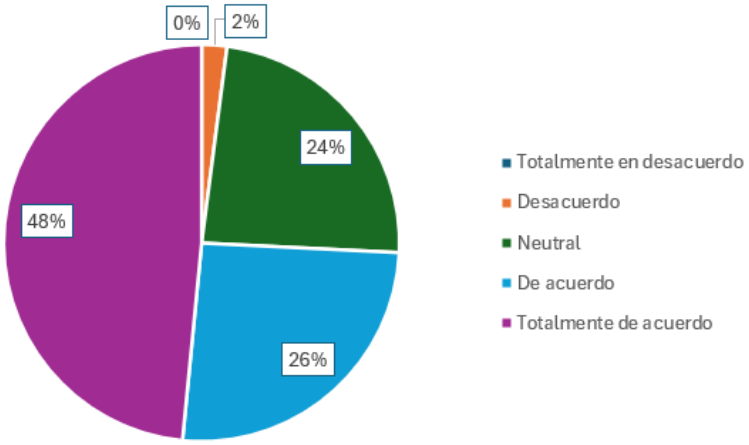


Figura 99. Resultados encuesta SUS pregunta 9

- ***Pregunta 10: Sentí aprender muchas cosas antes de usar el sistema.***

En la Figura 100, los resultados se obtuvieron de la siguiente manera por parte de los estudiantes de enfermería. El 58% indicó estar de acuerdo con la afirmación, mientras

que el 26% manifestó estar totalmente de acuerdo. Por otro lado, el 16% permaneció neutral y ningún participante expresó desacuerdo o total desacuerdo. Estos resultados reflejan que la mayoría sintió que debía aprender muchas cosas antes de usar el sistema, lo cual, aunque el sistema es funcional, podría requerir una curva de aprendizaje significativa para algunos usuarios.

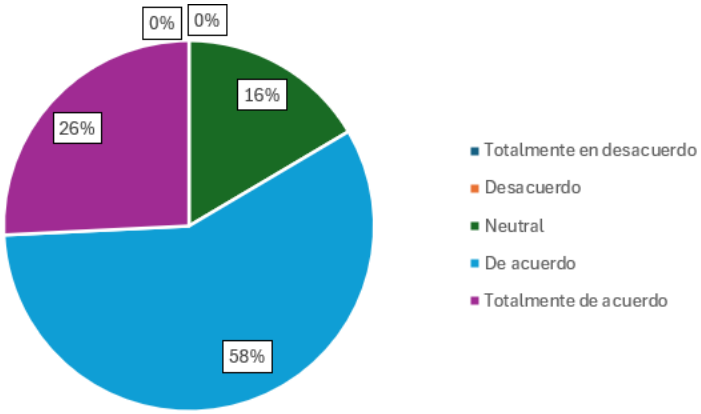


Figura 100. Resultados encuesta SUS pregunta 10

3.9.2 Cuestionario TAM

Se empleó para analizar la aceptación tecnológica del sistema, tanto en estudiantes como en docentes. Este instrumento posibilita el análisis de elementos fundamentales como la Facilidad de Uso Percibida (FUP), la Utilidad Percibida (UP), la Actitud hacia el Uso (ATU) y la Intención de Uso (IU), proporcionando una perspectiva completa acerca del grado de aceptación y voluntad para usar la herramienta en contextos educativos. El cuestionario TAM se compone de cuatro dimensiones. Estas afirmaciones son valoradas a través de una escala Likert de cinco niveles, que va desde "Totalmente en desacuerdo" hasta "Totalmente de acuerdo" (ver Anexo E. Cuestionario del método de evaluación TAM Estudiantes. Ver Anexo F. Cuestionario del método de evaluación TAM Docentes).

a. Aplicación y muestra

El sistema fue realizada a prueba mediante los 97 estudiantes de enfermería durante el periodo de semestre y hacia 6 docentes totales. Cada estudiante usaba la aplicación de RV para las prácticas de simulación en escenarios quirúrgicos, y al transcurso de la

sesión y finalización completaban el cuestionario correspondiente, mientras que los docentes evaluaban y supervisaban el uso del sistema de los estudiantes y monitoreaban las actividades respectivamente.

b. Validación de los resultados estudiantes

Con el objetivo de evaluar la aceptación del sistema de simulación quirúrgica. El instrumento (ver Anexo E. Cuestionario del método de evaluación TAM Estudiantes) fue diseñado para recoger percepciones sobre aspectos clave relacionados con el uso del sistema, tales como utilidad percibida, facilidad de uso, actitud hacia su aplicación e intención de uso futuro. Aunque el sistema está orientado a entornos clínico-educativos, la validación se centró en su funcionalidad, claridad y aplicabilidad desde una perspectiva técnica y de usuario.

Tabla 53. Promedio y Media de la Utilidad Percibida del sistema en estudiantes

Utilidad Percibida (UP)		
	PROMEDIO POR PREGUNTA	**MEDIA POR PREGUNTA**
UP 1	4.60	5
UP2	4.80	5
UP3	4.70	5
UP4	4.85	5
UP5	4.75	5
PROMEDIO GENERAL	4.74	
MEDIA GENERAL	5	

En la Sección 1: Utilidad Percibida (UP) (ver Tabla 53), los resultados reflejan una valoración altamente positiva: Cada ítem (UP1 a UP5) obtuvo promedios entre 4.60 y 4.85, lo que indica un nivel de acuerdo muy alto con las afirmaciones planteadas. La media por pregunta fue 5, evidenciando que la respuesta más frecuente fue "Totalmente de acuerdo". El promedio general de la sección fue 4.74, lo que confirma una percepción muy favorable sobre la utilidad del sistema. La media general fue 5,

consolidando el consenso entre los participantes respecto a los beneficios que ofrece la herramienta para la práctica clínica y educativa.

Tabla 54. Promedio y Media de Facilidad de Uso Percibida del sistema en estudiantes

Facilidad de Uso Percibida (FUP)		
	PROMEDIO POR PREGUNTA	**MEDIA POR PREGUNTA**
FUP1	4.30	4
FUP2	4.55	5
FUP3	4.20	4
FUP4	4.25	4
FUP5	4.5	5
PROMEDIO GENERAL	4.38	
MEDIA GENERAL	4.5	

Como se muestra en la Tabla 54, la sección de Facilidad de Uso Percibida evaluó qué tan sencillo resulta para los usuarios comprender y operar el sistema de simulación quirúrgica. Los promedios por pregunta variaron entre 4.20 y 4.55, reflejando un alto nivel de acuerdo sobre la claridad de procesos e interacción. Las medias oscilaron entre 4.0 y 5.0, indicando que la respuesta más frecuente fue “Totalmente de acuerdo”. El promedio general fue 4.38 y la media 4.5, confirmando una percepción positiva y una tendencia de alta aceptación en términos de usabilidad.

Tabla 55. Promedio y Media de Actitud hacia el uso del sistema en estudiantes

Actitud hacia el uso (ATU)		
	PROMEDIO POR PREGUNTA	**MEDIA POR PREGUNTA**
ATU1	4.40	4.5
ATU2	4.90	5

ATU3	4.65	5
PROMEDIO GENERAL	4.65	
MEDIA GENERAL	5	

En la Tabla 55, la sección de Actitud hacia el Uso (ATU) evaluó la disposición general de los usuarios frente al sistema. Los promedios por pregunta oscilaron entre 4.40 y 4.90, lo que refleja una actitud predominantemente positiva hacia su aplicación. Las medias se ubicaron entre 4.5 y 5.0, indicando que la respuesta más frecuente fue "Totalmente de acuerdo", especialmente en ítems relacionados con la aceptación del sistema y su adopción en proyectos similares. El promedio general fue 4.65 y la media 5, confirmando una actitud fuertemente favorable hacia el uso del sistema.

Tabla 56. Promedio y Media de la Intención de uso del sistema en estudiantes

Intención de Uso (IU)		
	PROMEDIO POR PREGUNTA	**MEDIA POR PREGUNTA**
IU1	4.70	5
IU2	4.80	5
IU3	4.75	5
PROMEDIO GENERAL	4.75	
MEDIA GENERAL	5	

Mediante la Tabla 56, la sección de Intención de Uso (IU) evaluó la disposición de los usuarios para recomendar y seguir utilizando el sistema. Los promedios por pregunta fueron consistentes, con un valor de 4.75 y 4.80, lo que refleja una intención muy alta de adopción futura. Las medias fueron todas 5, indicando que la respuesta más frecuente fue "Totalmente de acuerdo". El promedio general fue 4.75 y la media 5, confirmando una fuerte tendencia a recomendar y continuar usando el sistema en proyectos similares.

c. Validación de los resultados docentes

Con el objetivo de evaluar la aceptación del sistema de simulación quirúrgica, se aplicó el cuestionario TAM a docentes (ver Anexo F. Cuestionario del método de evaluación TAM Docentes). Este instrumento recoge percepciones sobre utilidad percibida, facilidad de uso, actitud hacia la aplicación e intención de uso futuro, aspectos clave para determinar la aceptación tecnológica del sistema en entornos clínico-educativos.

Tabla 57. Promedio y Media de la Utilidad Percibida del sistema en docentes

Utilidad Percibida (UP)		
	PROMEDIO POR PREGUNTA	**MEDIA POR PREGUNTA**
UP 1	5	5
UP2	5	5
UP3	4.95	5
UP4	5	5
UP5	4.90	5
PROMEDIO GENERAL	4.97	
MEDIA GENERAL	5	

En la Tabla 57 sección de Utilidad Percibida reflejó una valoración altamente positiva. Los promedios por pregunta se ubicaron entre 4.90 y 5.00, indicando un nivel de acuerdo muy alto con afirmaciones sobre beneficios clínicos y educativos. La media por pregunta fue 5, evidenciando que la respuesta más frecuente fue “Totalmente de acuerdo”. El promedio general fue 4.97, confirmando una percepción favorable sobre la utilidad del sistema. Con su media general de 5.

Tabla 58. Promedio y Media de Facilidad de Uso Percibida del sistema en docentes

Facilidad de Uso Percibida (FUP)		
	PROMEDIO POR PREGUNTA	**MEDIA POR PREGUNTA**

FUP1	4.85	5
FUP2	5.00	5
FUP3	4.90	5
FUP4	4.80	5
FUP5	5	5
PROMEDIO GENERAL	4.91	
MEDIA GENERAL	5	

Como se muestra en la Tabla 58, la sección de Facilidad de Uso Percibida evaluó qué tan sencillo resulta para los usuarios comprender y operar el sistema de simulación quirúrgica. Los promedios por pregunta variaron entre 4.80 y 5, reflejando un alto nivel de acuerdo sobre la claridad de procesos e interacción. Las medias oscilaron de 5.0, indicando que la respuesta más frecuente fue "Totalmente de acuerdo". El promedio general fue 4.91 y la media 5, confirmando una percepción positiva y una tendencia de alta aceptación en términos de usabilidad.

Tabla 59. Promedio y Media de Actitud hacia el uso del sistema en docentes

Actitud hacia el uso (ATU)		
	PROMEDIO POR PREGUNTA	**MEDIA POR PREGUNTA**
ATU1	4.95	5
ATU2	5	5
ATU3	4.98	5
PROMEDIO GENERAL	4.98	
MEDIA GENERAL	5	

En la Tabla 59, la sección de Actitud hacia el Uso (ATU) evaluó la disposición general de los usuarios frente al sistema. Los promedios por pregunta oscilaron entre 4.98 y 5.00, lo que refleja una actitud predominantemente positiva hacia su aplicación. Las

medias se ubicaron 5.0, indicando que la respuesta más frecuente fue “Totalmente de acuerdo”, especialmente en ítems relacionados con la aceptación del sistema y su adopción en proyectos similares. El promedio general fue 4.98 y la media 5, confirmando una actitud fuertemente favorable hacia el uso del sistema.

Tabla 60. Promedio y Media de la Intención de uso del sistema en docentes

Intención de Uso (IU)		
	PROMEDIO POR PREGUNTA	**MEDIA POR PREGUNTA**
IU1	5	5
IU2	5	5
IU3	4.95	5
PROMEDIO GENERAL	4.98	
MEDIA GENERAL	5	

Mediante la Tabla 60, la sección de Intención de Uso (IU) evaluó la disposición de los usuarios para recomendar y seguir utilizando el sistema. Los promedios por pregunta fueron consistentes, con un valor de 4.95 y 5 en los ítems, lo que refleja una intención muy alta de adopción futura. Las medias fueron todas 5, indicando que la respuesta más frecuente fue “Totalmente de acuerdo”. El promedio general fue 4.89 y la media 5, confirmando una fuerte tendencia a recomendar y continuar usando el sistema en proyectos similares.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La implementación del sistema de gestión de usuarios dentro de los escenarios quirúrgicos simulados en realidad virtual permitió consolidar una plataforma integral orientada al seguimiento académico y al control de prácticas clínicas. El análisis de los requerimientos funcionales y técnicos reveló la necesidad de una arquitectura que integre registro de progreso, almacenamiento de reportes, trazabilidad de errores y sincronización entre la web y los dispositivos Meta Quest 3/ 3s. Para un sistema funcional, seguro y adaptable en enfermería.

- El desarrollo de los módulos de gestión de usuarios, registro y autenticación, asignación académica por período, administración de roles, recuperación de contraseñas, manejo de catálogos y control de reportes y las prácticas en RV se ejecutó mediante iteraciones constantes, integrando módulos clave como inicio de sesión, selección de operación, armado de mesa quirúrgica, registro automático de desempeño y reportes detallados de errores por tiempo quirúrgico. En paralelo, mediante Extreme Programming (XP) para la gestión de usuarios y la metodología aplicada en el desarrollo de entornos de RV para las simulaciones, se evidenció la importancia de la comunicación constante, la adaptación rápida a cambios y la construcción progresiva de escenarios inmersivos con coherencia clínica. La complementariedad de ambos enfoques fortaleció la estructura del proyecto, permitiendo cumplir eficazmente una experiencia formativa más segura y alineada a las necesidades para el aprendizaje

- La medición de usabilidad evidenció que el sistema facilita la comprensión de los tiempos quirúrgicos y la correcta colocación de instrumentos. Los usuarios reportaron una experiencia intuitiva, una apropiada retroalimentación. Además, el sistema para respectivas métricas como errores, porcentajes de acierto, tiempos totales y progresión por etapas permitió evaluar el desempeño de manera cuantitativa. Los resultados del modelo TAM reforzaron esta

tendencia: en estudiantes, los promedios generales obtenidos fueron 4.74 (UP), 4.38 (FUP), 4.65 (ATU) y 4.75 (IU), los docentes presentaron valoraciones superiores, registrando promedios generales de 4.97, 4.91, 4.98 y 4.98 respectivamente, demostrando que consideran el sistema útil, fácil de aplicar y sumamente pertinente para la enseñanza.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda profundizar en la integración de sistemas inteligentes mediante Inteligencia Artificial (IA) dentro del módulo de gestión de usuarios, incorporando analítica avanzada y aprendizaje automático para generar reportes automatizados sobre desempeño, patrones de error y recomendaciones personalizadas para cada estudiante. Esto permitiría identificar debilidades recurrentes, mejorar la toma de decisiones docentes y reforzar la personalización del aprendizaje en escenarios quirúrgicos simulados.

- Para garantizar la sostenibilidad del proyecto, se sugiere implementar un ciclo continuo de medición de usabilidad que incluya evaluaciones periódicas con estudiantes y docentes. La retroalimentación obtenida deberá utilizarse para optimizar las interfaces de usuario, mejorar la interacción en VR, reducir tiempos de carga y reforzar la estabilidad del sistema. Además, se recomienda documentar estas métricas para futuras ampliaciones del sistema o para su replicación en otros laboratorios clínicos.

- En fases futuras del desarrollo, se aconseja extender la plataforma con nuevos escenarios quirúrgicos, más variabilidad de instrumentos y modelos tridimensionales avanzados que aumenten el realismo del entrenamiento. Se sugiere considerar la implementación de un sistema multiusuario para prácticas colaborativas o evaluaciones grupales dentro del laboratorio de enfermería.

- Se recomienda cumplir estrictamente con la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP) del Ecuador, asegurando que toda la información de los estudiantes, como datos personales, calificaciones y registros de simulación, sea tratada de manera segura y solo con su autorización. Es

importante aplicar principios como pedir consentimiento, recolectar únicamente los datos necesarios y mantener la información protegida. Se sugiere anonimizar los datos cuando se usen para investigación, y establecer reglas claras para conservar y eliminar la información, garantizando la privacidad del estudiante durante todo el uso del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] F. De *et al.*, «UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO "USO DE LA SIMULACIÓN VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN LA FORMACIÓN DE ENFERMERÍA QUIRÚRGICA" Requisito previo para optar por el Título de Licenciada en Enfermería».

[2] C. Huang *et al.*, «AR–AI assisted ophthalmic nursing: Preliminary usability study in clinical settings», *Digit Health*, vol. 10, ene. 2024, doi: 10.1177/20552076241269470.

[3] D. S. Sandoval y K. Alexander, «VIRTUAL DEDICADO A LA IDENTIFICACIÓN Y ARMADO DEL INSTRUMENTAL QUIRÚRGICO PARA ESTUDIANTES DE ENFERMERÍA, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por los señores Anderson».

[4] F. H. de O. Mauro, R. de Fraga, F. D. S. Tomasich, C. S. da Silva, J. H. A. Ribeiro, y J. L. A. S. Rocha, «Relationship between learning styles and simulation in surgery», *Rev Bras Educ Med*, vol. 47, n.º 2, 2023, doi: 10.1590/1981-5271v47.2-20220078.ing.

[5] I. Akselbo y I. Aune, *How Can we Use Simulation to Improve Competencies in Nursing?* Springer Science+Business Media, 2022. doi: 10.1007/978-3-031-10399-5.

[6] K. Sunday, S. S. Oyelere, F. J. Agbo, M. B. Aliyu, O. S. Balogun, y N. Bouali, «Usability Evaluation of Imikode Virtual Reality Game to Facilitate Learning of Object-Oriented Programming», *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 28, n.º 4, pp. 1871-1902, dic. 2023, doi: 10.1007/s10758-022-09634-6.

[7] A. N. Neher, F. Bühlmann, M. Müller, C. Berendonk, T. C. Sauter, y T. Birrenbach, «Virtual reality for assessment in undergraduate nursing and medical education – a systematic review», *BMC Med Educ*, vol. 25, n.º 1, dic. 2025, doi: 10.1186/s12909-025-06867-8.

[8] A. N. Alruwaili, A. M. Alshammari, A. Alhaiti, N. B. Elsharkawy, S. I. Ali, y O. M. E. Ramadan, «Virtual reality simulation for high-risk neonatal emergency nursing training: a mixed-methods study on nurse competency and outcomes», *BMC Nurs*, vol. 24, n.º 1, dic. 2025, doi: 10.1186/s12912-025-03038-4.

[9] C. Andújar *et al.*, «A highly-configurable session designer for VR nursing training», *Heliyon*, vol. 10, n.º 22, nov. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e39692.

[10] T. Tene, D. F. Vique López, P. E. Valverde Aguirre, L. M. Orna Puente, y C. Vacacela Gomez, «Virtual reality and augmented reality in medical education: an umbrella review», 2024, *Frontiers Media SA*. doi: 10.3389/fdgth.2024.1365345.

[11] A. I. Iqbal *et al.*, «Immersive Technologies in Healthcare: An In-Depth Exploration of Virtual Reality and Augmented Reality in Enhancing Patient Care, Medical Education, and Training Paradigms», 1 de enero de 2024, *SAGE Publications Inc.* doi: 10.1177/21501319241293311.

[12] M. F. Obeid, A. Ewais, y M. R. Asia, «NursingXR: Advancing Nursing Education Through Virtual Reality-Based Training», *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 15, n.º 6, mar. 2025, doi: 10.3390/app15062949.

[13] F. J. Celdrán *et al.*, «Use of Augmented Reality for Training Assistance in Laparoscopic Surgery: Scoping Literature Review», *J Med Internet Res*, vol. 27, 2025, doi: 10.2196/58108.

[14] M. Ahmad, S. Syarif, y H. Handayani Idrus, «The Impact of Augmented Reality Learning Media on Enhancing Knowledge and Skills in Midwifery Students: A Literature Review», 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.jneonatalsurg.compg.92

[15] C. Andújar *et al.*, «A highly-configurable session designer for VR nursing training», *Heliyon*, vol. 10, n.º 22, nov. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e39692.

[16] M. Mergen, N. Graf, y M. Meyerheim, «Reviewing the current state of virtual reality integration in medical education - a scoping review», *BMC Med Educ*, vol. 24, n.º 1, dic. 2024, doi: 10.1186/s12909-024-05777-5.

[17] U. O. Matthew, «Healthcare applications of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) simulation in clinical education», *Journal of Clinical Images and Medical Case Reports*, vol. 5, n.º 6, jun. 2024, doi: 10.52768/2766-7820/3141.

[18] S. Park, H. J. Shin, H. Kwak, y H. J. Lee, «Effects of Immersive Technology-Based Education for Undergraduate Nursing Students: Systematic Review and Meta-Analysis Using the Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluation (GRADE) Approach», 2024, *JMIR Publications Inc.* doi: 10.2196/57566.

[19] M. T. Tran, M. Ahmad, K. Patel, O. Argyriou, A. Davies, y J. Shalhoub, «Comparing virtual reality and simulation to teach the assessment and management of acute surgical scenarios: A pilot study», *Health Sci Rep*, vol. 7, n.º 7, jul. 2024, doi: 10.1002/hsr2.2245.

[20] C. P. Camargo *et al.*, «Virtual reality and traditional training in surgical instrumentation: A non-inferiority comparative study», *Clinics*, vol. 80, ene. 2025, doi: 10.1016/j.clinsp.2025.100609.

[21] A. D. Maeso, M. R. McDermott, y J. A. Steimle, «Immersive Virtual Reality Training for a Junior Orthopaedic Surgery Resident», *Journal of Orthopaedic Experience & Innovation*, vol. 6, n.º 1, may 2025, doi: 10.60118/001c.126155.

[22] H. Please *et al.*, «Virtual reality technology for surgical learning: qualitative outcomes of the first virtual reality training course for emergency and essential surgery delivered by a UK–Uganda partnership», *BMJ Open Qual*, vol. 13, n.º 1, ene. 2024, doi: 10.1136/bmjoq-2023-002477.

[23] S. Barteit, L. Lanfermann, T. Bärnighausen, F. Neuhann, y C. Beiersmann, «Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: Systematic review», 1 de julio de 2021, *JMIR Publications Inc.* doi: 10.2196/29080.

[24] M. K. Cho y M. Y. Kim, «Enhancing nursing competency through virtual reality simulation among nursing students: a systematic review and meta-analysis», 2024, *Frontiers Media SA*. doi: 10.3389/fmed.2024.1351300.

[25] C. Rodríguez-Abad, A. E. Martínez-Santos, J. del C. Fernández-de-la-Iglesia, y R. Rodríguez-González, «Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: Two quasi-experimental studies», *Nurse Educ Pract*, vol. 71, ago. 2023, doi: 10.1016/j.nepr.2023.103715.

[26] A. O. Babaita *et al.*, «Face-to-face versus 360° VR video: a comparative study of two teaching methods in nursing education», *BMC Nurs*, vol. 23, n.º 1, dic. 2024, doi: 10.1186/s12912-024-01866-4.

[27] D. Kiegaldie y L. Shaw, «Virtual reality simulation for nursing education: effectiveness and feasibility», *BMC Nurs*, vol. 22, n.º 1, dic. 2023, doi: 10.1186/s12912-023-01639-5.

[28] B. Shatpattananunt, W. Petpichetchian, S. Pinsuwan, T. Chaloempong, S. Waraphok, y C. Wongwatkit, «Development and evaluation of a virtual reality basic life support for undergraduate students in Thailand: a project by Mae Fah Luang University (MFU BLiS VR)», *BMC Med Educ*, vol. 23, n.º 1, dic. 2023, doi: 10.1186/s12909-023-04764-6.

[29] J. Yang *et al.*, «Integrated virtual simulation and face-to-face simulation for clinical judgment training among undergraduate nursing students: a mixed-methods study», *BMC Med Educ*, vol. 24, n.º 1, dic. 2024, doi: 10.1186/s12909-023-04988-6.

[30] M. Pears *et al.*, «Virtual reality reusable e-resources for clinical skills training: a mixed-methods evaluation», *Pers Ubiquitous Comput*, vol. 28, n.º 3-4, pp. 643-654, ago. 2024, doi: 10.1007/s00779-024-01805-9.

[31] S. M. Park, H. K. Hur, y C. W. Chung, «Learning effects of virtual versus high-fidelity simulations in nursing students: a crossover comparison», *BMC Nurs*, vol. 21, n.º 1, dic. 2022, doi: 10.1186/s12912-022-00878-2.

[32] D. Zhang *et al.*, «Evaluating Whether Nonimmersion Virtual Reality Simulation Training Improves Nursing Competency in Isolation Wards:

Randomized Controlled Trial», *J Med Internet Res*, vol. 27, 2025, doi: 10.2196/63131.

[33] A. Pilicita Garrido, Y. Borja López, y G. Gutiérrez Constante, «Rendimiento de MariaDB y PostgreSQL», *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 7, n.º 2, pp. 09-16, dic. 2020, doi: 10.26423/rctu.v7i2.538.

[34] R. Elmasri y S. B. Navathe, «Database Systems SEVENTH EDITION».

[35] M. Rathore y S. S. Bagui, «MongoDB: Meeting the Dynamic Needs of Modern Applications», *Encyclopedia*, vol. 4, n.º 4, pp. 1433-1453, sep. 2024, doi: 10.3390/encyclopedia4040093.

[36] «PostgreSQL 16.10 Documentation The PostgreSQL Global Development Group», 1996.

[37] «About the Tutorial», 2017.

[38] «39».

[39] E. Arias Ortiz, J. Eusebio, M. Pérez-Alfaro, M. Vásquez, y P. Zoido, «Los Sistemas de Información y Gestión Educativa (SIGED) de América Latina y el Caribe: la ruta hacia la transformación digital de la gestión educativa».

[40] «Information security, cybersecurity and privacy protection-Information security management systems-Requirements iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)».

[41] I. Motola, L. A. Devine, H. S. Chung, J. E. Sullivan, y S. B. Issenberg, «Simulation in healthcare education: A best evidence practical guide. AMEE Guide No. 82», *Med Teach*, vol. 35, n.º 10, oct. 2013, doi: 10.3109/0142159X.2013.818632.

[42] «43».

[43] «Node.js #node.js».

[44] J. P. Tituaña Sangucho, J. L. Ojeda Carrasco, J. P. Girón Rodríguez, D. S. Bonilla Granja, y S. Jara Moya, «Análisis de Frameworks Frontend para Aplicar UX/IU en el Desarrollo Web: Una Revisión Sistemática», *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 8, n.º 3, pp. 841-862, jun. 2024, doi: 10.37811/cl_rcm.v8i3.11290.

[45] P. Sekhar Emmanni, «Comparative Analysis of Angular, React, and Vue.js in Single Page Application Development», *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 12, n.º 6, pp. 2971-2974, jun. 2023, doi: 10.21275/sr24401230015.

[46] «47».

[47] S. Monterroza Linconl, «Atlas.Ti: Herramienta de Análisis para Potenciar el Desarrollo del Pensamiento Espacial con GeoGebra», *Ciencia Latina Revista*

Científica Multidisciplinar, vol. 8, n.º 2, pp. 6102-6123, may 2024, doi: 10.37811/cl_rcm.v8i2.11025.

[48] F. Y. Patiño Martínez, «Elaboración de diagramas de casos de uso», dic. 2022. doi: 10.16925/gcgp.60.

ANEXOS

Anexo A. Encuesta a Estudiantes

Encuesta para Estudiantes de Enfermería

1. ¿Le gustaría usar aplicaciones de realidad virtual para el aprendizaje de escenarios quirúrgicos en enfermería?

- Sí
- No
- En parte

2. ¿Considera útil que se agregue un módulo de inicio de sesión en la aplicación de realidad virtual para la enseñanza de escenarios quirúrgicos en enfermería?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

3. ¿Cree que es importante que los resultados obtenidos dentro de la aplicación de realidad virtual contribuyan al contenido de aprendizaje en escenarios quirúrgicos?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. ¿Considera necesario que la aplicación muestre el progreso de su aprendizaje en la enseñanza de escenarios quirúrgicos en enfermería?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral

- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

5. ¿Considera que la aplicación de realidad virtual para la enseñanza de escenarios quirúrgicos en enfermería podría ser una herramienta válida para avanzar en su aprendizaje fuera del horario de clases?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. ¿Cree que la aplicación de realidad virtual para la enseñanza de escenarios quirúrgicos en enfermería podría ayudar a compensar la falta de acceso a laboratorios físicos?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

7. ¿Considera que contar con una interfaz amigable en la aplicación de realidad virtual es importante para su proceso de aprendizaje?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

8. ¿Cómo se sintió al responder esta encuesta?

- Satisfecho
- Indiferente
- Confundido

Anexo B. Encuesta a Docentes

Encuesta para Docentes de Enfermería

1. ¿Le resulta cómodo el uso de tecnologías digitales en entornos educativos?

- Sí
- No
- En parte

2. ¿Considera que agregar un módulo de inicio de sesión en una aplicación de realidad virtual para la enseñanza de escenarios quirúrgicos en enfermería sería importante?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

3. ¿Considera que la gestión de usuarios dentro de la aplicación de realidad virtual para la enseñanza de escenarios quirúrgicos le permitiría administrar eficazmente a los estudiantes asignados a su curso?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. ¿Considera que los resultados y reportes generados por la aplicación de realidad virtual para la enseñanza de escenarios quirúrgicos en enfermería son claros y completos?

- Nada claro
- Poco claro
- Neutral
- Claros
- Muy claro

5. ¿Cree que la información reportada por la aplicación en escenarios quirúrgicos de enfermería permitirá un mejor seguimiento del aprendizaje de los estudiantes?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. ¿Qué tan relevante considera la retroalimentación generada por la aplicación de realidad virtual en escenarios quirúrgicos de enfermería para apoyar el aprendizaje académico de los estudiantes?

- Nada relevante
- Poco relevante
- Neutral
- Relevante
- Muy relevante

7. ¿Cómo se sintió al responder esta encuesta?

- Satisfecho
- Indiferente
- Confundido

Anexo C. Entrevista a Docentes

Entrevista para Docentes de Salud

1. ¿Cuál ha sido su experiencia con tecnologías aplicadas a la enseñanza clínica (como simuladores, software o realidad virtual)?

2. ¿Ha utilizado alguna aplicación de realidad virtual en la que se gestionen usuarios?

3. ¿Considera que la aplicación con realidad virtual pueda satisfacer las necesidades en un entorno clínico-educativo? ¿Por qué?

4. ¿Qué funciones indispensables debería tener un gestor de usuarios dentro de una aplicación de realidad virtual para la enseñanza en enfermería?

5. ¿Cómo podría esta aplicación contribuir a evaluar y estandarizar el desempeño de los estudiantes en enfermería?

6. ¿Cuáles considera que deberían ser los principales roles en la aplicación de realidad virtual para la gestión de usuarios (por ejemplo, estudiante, docente)?

7. Pensando en el avance académico de los estudiantes, ¿qué tan importante sería contar con una aplicación de realidad virtual que permita un acceso rápido y seguro a sus datos y al progreso en sus actividades académicas?

8. ¿Qué tan viable considera la integración de una aplicación con realidad virtual en la formación de estudiantes de enfermería dentro de la malla curricular?

Anexo D. Cuestionario escala SUS

Instrucciones: A continuación, se presenta las afirmaciones diversas con la experiencia del uso de sistema de escenarios quirúrgicos. Seleccione únicamente una opción por cada item, según su nivel de acuerdo, usando la siguiente escala:

1 = Totalmente en desacuerdo

2 = En desacuerdo

3 = Neutral

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo

1. Me gustaría usar este sistema de manera habitual.

   [1] [2] [3] [4] [5]

2. Encontré que el sistema tenía un nivel de complejidad innecesario.

   [1] [2] [3] [4] [5]

3. Consideré que el sistema me resulta sencillo de manejar.

   [1] [2] [3] [4] [5]

4. Creo que necesitaría apoyo de una persona para poder usar el sistema.

   [1] [2] [3] [4] [5]

5. Las funciones del sistema están de manera coherente integradas.

   [1] [2] [3] [4] [5]

6. El sistema mostró inconsistencias durante su uso.

   [1] [2] [3] [4] [5]

7. Considero que la mayor parte de los usuarios podrían usar este sistema rápidamente.

[1] [2] [3] [4] [5]

8. En mi percepción resultó difícil de utilizar.

[1] [2] [3] [4] [5]

9. Me sentí confiado usando este sistema.

[1] [2] [3] [4] [5]

10. Sentí aprender muchas cosas antes de usar el sistema.

[1] [2] [3] [4] [5]

Observaciones adicionales del usuario:

Anexo E. Cuestionario del método de evaluación TAM Estudiantes

Instrucciones: A continuación, se presentan afirmaciones sobre el sistema de simulador quirúrgico. Indique su nivel de acuerdo usando la siguiente escala:

Escala Likert	Significado
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Neutral
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

Sección 1: Utilidad Percibida (UP)

Evalúa si el sistema de escenarios quirúrgicos contribuye al logro de objetivos clínicos y educativos.

Ítem	Afirmación
UP1	El sistema de escenarios quirúrgicos mejora la calidad de los escenarios clínicos simulados.
UP2	El simulador de escenarios quirúrgicos permite realizar simulaciones quirúrgicas más realistas.
UP3	El uso del simulador de escenarios quirúrgicos facilita el aprendizaje práctico y mejora de desempeño.
UP4	El simulador de escenarios quirúrgicos mejora la eficiencia en el desarrollo de aplicaciones de RV.
UP5	Considero que el simulador aporta beneficios importantes para mi formación clínica.

Sección 2: Facilidad de Uso Percibida (FUP)

Evalúa qué tan sencilla y comprensible es el simulador de escenarios quirúrgicos para los involucrados.

Ítem	Afirmación
FUP1	Es fácil comprender las fases y procesos de simulación de escenarios quirúrgicos.
FUP2	Las funciones que debo realizar como estudiante están claramente explicadas.
FUP3	Puedo utilizar el simulador sin necesitar conocimientos técnicos

	avanzados.
FUP4	Las instrucciones, guías e información del sistema son claras.
FUP5	La implementación no requiere grandes recursos adicionales.

Sección 3: Actitud hacia el uso (ATU)

Evalúa la disposición emocional y racional del usuario hacia el simulador de escenarios quirúrgicos.

Ítem	**Afirmación**
ATU1	Me resulta agradable trabajar con este simulador de escenarios quirúrgicos.
ATU2	Considero positivo que este simulador de escenarios quirúrgicos se utilice en educación clínica.
ATU3	Me gustaría que el simulador de escenarios quirúrgicos se adopte en otros proyectos similares.

Sección 4: Intención de Uso (IU)

Evalúa la probabilidad de adopción futura.

Ítem	**Afirmación**
IU1	Recomendaría el uso de simulador de escenarios quirúrgicos a otros profesionales.
IU2	Estoy dispuesto a seguir usando este simulador de escenarios quirúrgicos en futuros proyectos.
IU3	Considero este simulador de escenarios quirúrgicos como estándar viable en el desarrollo de simulaciones clínicas.

Anexo F. Cuestionario del método de evaluación TAM Docentes

Instrucciones: A continuación, se presentan afirmaciones sobre el sistema de simulador quirúrgico. Indique su nivel de acuerdo usando la siguiente escala:

Escala Likert	Significado
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Neutral
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

Sección 1: Utilidad Percibida (UP)

Evalúa si el sistema de escenarios quirúrgicos contribuye al logro de objetivos clínicos y educativos.

Ítem	Afirmación
UP1	El sistema de escenarios quirúrgicos mejora la calidad de los escenarios clínicos simulados.
UP2	El simulador de escenarios quirúrgicos permite realizar simulaciones quirúrgicas más realistas.
UP3	El uso del simulador de escenarios quirúrgicos facilita el aprendizaje práctico y mejora de desempeño.
UP4	El simulador de escenarios quirúrgicos mejora la eficiencia en el desarrollo de aplicaciones de RV.
UP5	Considero que el simulador aporta beneficios importantes para la clínica.

Sección 2: Facilidad de Uso Percibida (FUP)

Evalúa qué tan sencilla y comprensible es el simulador de escenarios quirúrgicos para los involucrados.

Ítem	Afirmación
FUP1	Es fácil comprender las fases y procesos de simulación de escenarios quirúrgicos.
FUP2	Las funciones que debo realizar como docente están claramente explicadas.

FUP3	Puedo utilizar el simulador sin necesitar conocimientos técnicos avanzados.
FUP4	Las instrucciones, guías e información del sistema son claras.
FUP5	La implementación no requiere grandes recursos adicionales.

Sección 3: Actitud hacia el uso (ATU)

Evalúa la disposición emocional y racional del usuario hacia el simulador de escenarios quirúrgicos.

Ítem	**Afirmación**
ATU1	Me resulta agradable trabajar con este simulador de escenarios quirúrgicos.
ATU2	Considero positivo que este simulador de escenarios quirúrgicos se utilice en educación clínica.
ATU3	Me gustaría que el simulador de escenarios quirúrgicos se adopte en otros proyectos similares.

Sección 4: Intención de Uso (IU)

Evalúa la probabilidad de adopción futura.

Ítem	**Afirmación**
IU1	Recomendaría el uso de simulador de escenarios quirúrgicos a otros profesionales.
IU2	Estoy dispuesto a seguir usando este simulador de escenarios quirúrgicos en futuros proyectos.
IU3	Considero este sistema de escenarios quirúrgicos como estándar viable en el desarrollo de simulaciones clínicas.

Capacitación uso del sistema para los estudiantes

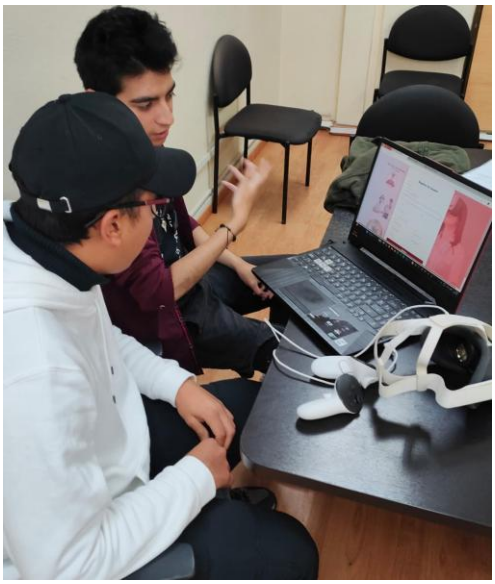


Figura 101. Instrucciones para el uso del sistema registro de usuarios



Figura 102. Instrucciones para el uso del sistema dentro de realidad virtual

Implementación programa funcional en la computadora

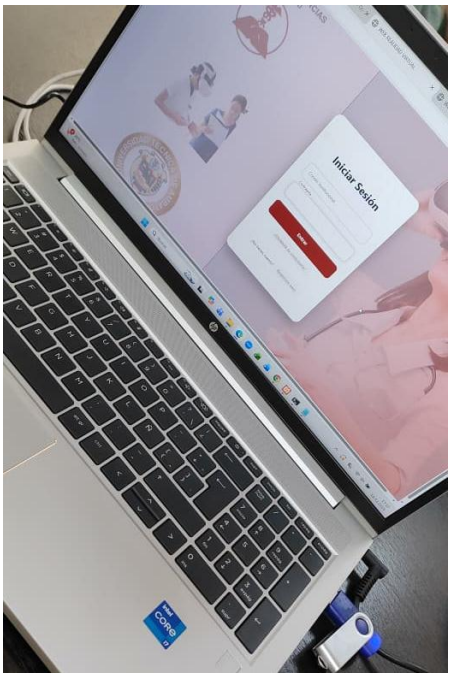


Figura 103. Programa funcional del sistema

Anexo G. Manual del sistema

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA NURSETOOLS XR

NurseTools XR es una aplicación de realidad virtual que recrea un quirófano, permitiendo al usuario:

- Identificar el nombre y la ubicación del mobiliario quirúrgico.
- Realizar el montaje del instrumental en la mesa Mayo.
- Practicar procedimientos creadas por el administrador, cada uno con sus tiempos quirúrgicos correspondientes.

Requisitos mínimos del sistema

Recurso	**Mínimo**	**Recomendando**
Procesador	Intel Core i5 / Ryzen 5	Intel Core i7 / Ryzen 7
Tarjeta gráfica	NVIDIA GTX 1050 Ti / AMD RX 580	Modelos superiores
Memoria RAM	8 GB	16 GB
Sistema operativo	Windows o MacOS	Windows
Gafas RV	Meta Quest 3 / 3s	Meta Quest 3 / 3s
Cable de conexión	USB Tipo C	USB Tipo C (alta calidad)
Servidor local (XAMPP)	Apache + MySQL instalados	Versión actualizada de XAMPP (Apache 2.4+, MySQL/MariaDB 10+)

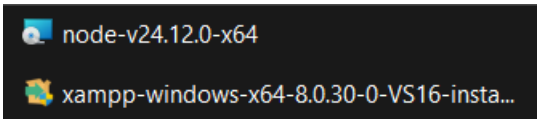
Node.js	Node.js 18 LTS	Node.js 20+ LTS (nueva versión estable)
Administrador de paquetes	NPM incluido con Node.js	NPM actualizado o Yarn como alternativa
Almacenamiento	10 GB libres	20 GB libres para proyectos, builds y dependencias

INSTALACIÓN SISTEMA FUNCIONAL WEB

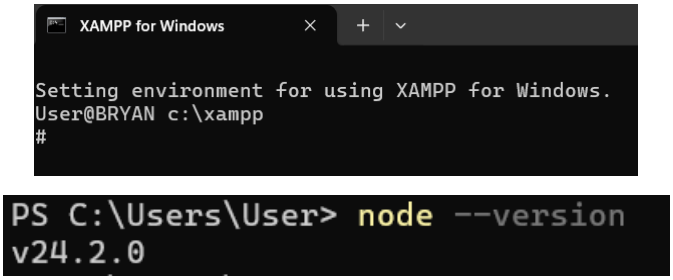




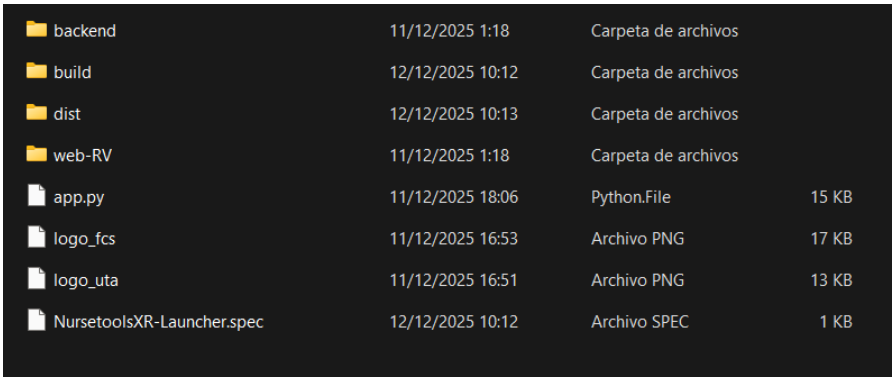
Descargamos xampp en https://www.apachefriends.org/es/download.html, y node.js en https://nodejs.org/es/download y realizamos la instalación correspondida



Una vez realizado ponemos Next en todos los pasos e instalamos, si tenemos instalado correctamente.



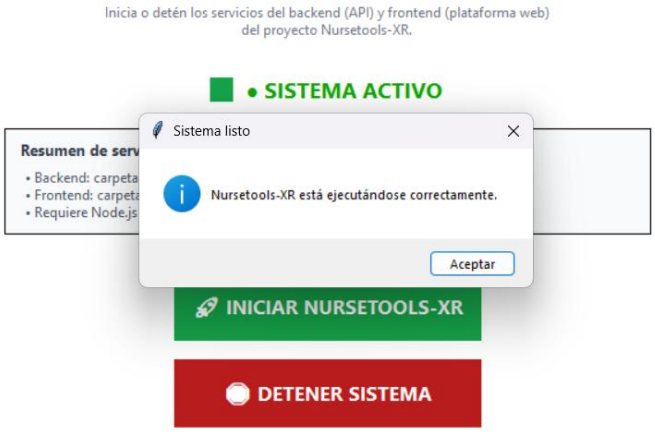
Verificamos que todos los pasos que realizamos estén ejecutándose correctamente, y nos debe aparecer de esta manera:



En la carpeta dist/NursetoolsXR-Launcher/NursetoolsXR-Launcher.exe, ejecutamos el programa.



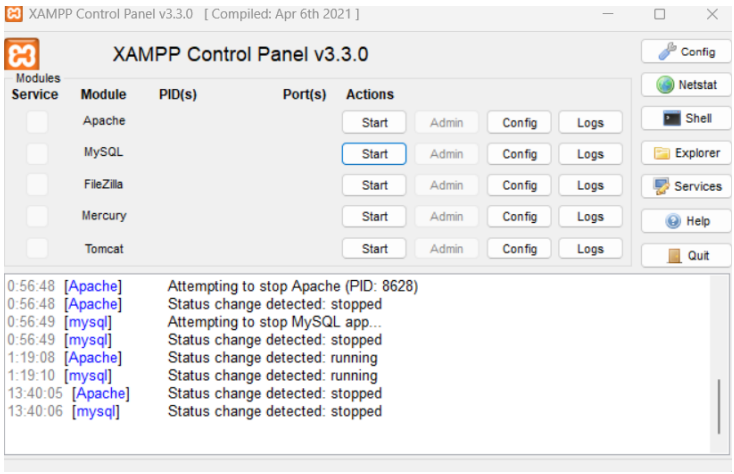
Una vez realizado iniciamos el aplicativo, nos visualizara de esta manera.

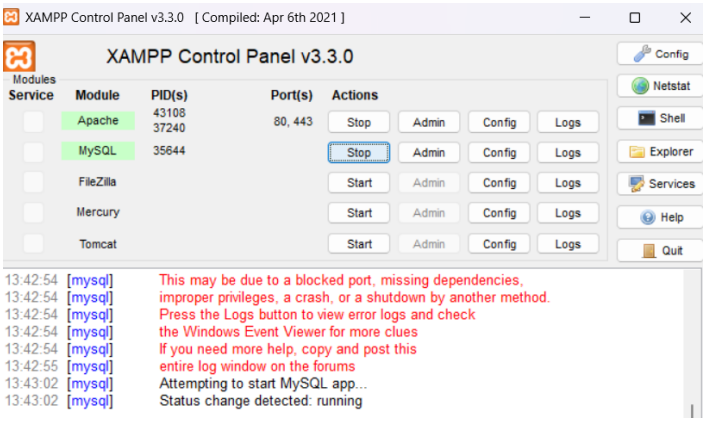


Una vez realizado iniciamos el aplicativo, le damos click en “INICIAR NURSETOOLS-XR” automáticamente el programa se ejecutará.



Una vez realizado iniciado el launcher, le damos click en “http://localhost:5173” automáticamente el programa lanzara la página web correspondiente funcional, también tenemos opciones de Backend y ver consola si los servicios están ejecutándose correctamente.





Una vez descargado xampp, le damos click en Apache Start y en MySQL en Start

INSTALACIÓN DE META QUEST DEVELOPER HUB

Paso 1

Descarga Meta Quest Developer Hub según tu sistema operativo (Windows o MacOS).

Paso 2

Ejecuta el instalador y finaliza el proceso de instalación.

Paso 3

Abre el programa y selecciona la pestaña Device Manager.

Paso 4

Enciende tus gafas Meta Quest.

Paso 5

Conecta las gafas a tu computadora mediante un cable USB Tipo C.

Nota: Si encuentras inconvenientes durante la instalación, revisa el tutorial: https://youtu.be/PWA9tYmGjrI

Si tus gafas no aparecen en Device Manager, es necesario habilitar el modo desarrollador.

ACTIVAR EL MODO DESARROLLADOR EN META QUEST

Paso 1

En tu celular, abre la Play Store o App Store y descarga la app Meta Horizon.

Paso 2

Inicia sesión o crea una cuenta, y vincula tus gafas siguiendo los pasos del siguiente video: https://youtu.be/hEz0_qlCEP0?list=LL&t=329

Paso 3

Activa el modo desarrollador en la misma app siguiendo este tutorial: https://youtu.be/guN46exIaeI?list=LL

Paso 4

Cierra y vuelve a abrir Meta Quest Developer Hub en la PC, luego reconecta las gafas. Ahora deberían aparecer en Device Manager.

INSTALACIÓN DEL SISTEMA NURSETOOLS XR

Paso 1

Descarga el archivo APK “NurseTools XR” desde: https://drive.google.com/drive/folders/1d0MYnn6bUpdPX8xo61z3bTJKMIRBX7pk?usp=sharing

Paso 2

Accede a Device Manager dentro de Meta Quest Developer Hub.

Paso 3

Conecta tus gafas y asegúrate de que el programa las reconozca.

Paso 4

En la pestaña Apps, arrastra el archivo APK hacia la ventana.

Paso 5

Selecciona como destino el dispositivo conectado (tus gafas).

Paso 6

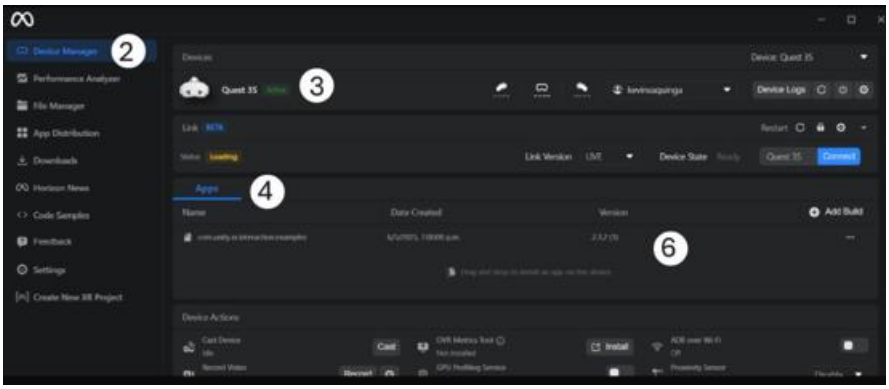
El sistema se instalará automáticamente. Puedes verificarlo en la sección Apps del dispositivo.

Paso 7

Colócate las gafas, ve a Biblioteca → Orígenes desconocidos y ejecuta “NurseTools XR”.

Paso 8

Después de la primera ejecución, la aplicación quedará disponible directamente en el menú principal de las Meta Quest.



FIN MANUAL DE INSTALACIÓN

Anexo H. Manual del usuario

APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL PARA PRÁCTICAS DE ENFERMERÍA

Introducción

El presente manual tiene como objetivo orientar a estudiantes y docentes en el uso adecuado de la aplicación NurseTools XR. Aquí se explica el funcionamiento general del sistema, las formas de interacción dentro del entorno virtual y las herramientas disponibles para la práctica.

La aplicación permite explorar una simulación de un quirófano, identificar su mobiliario y aprender a organizar correctamente el instrumental quirúrgico en la mesa Mayo a través de diferentes escenarios interactivos

Requisitos del sistema

- Meta Quest 3 / 3S
- Computador con procesador Intel Core i3 o Ryzen 3
- Memoria RAM mínima: 8 GB
- Sistema operativo: Windows 10 o superior, o macOS en adelante
- Cable USB Tipo-C

Controles y navegación en realidad virtual

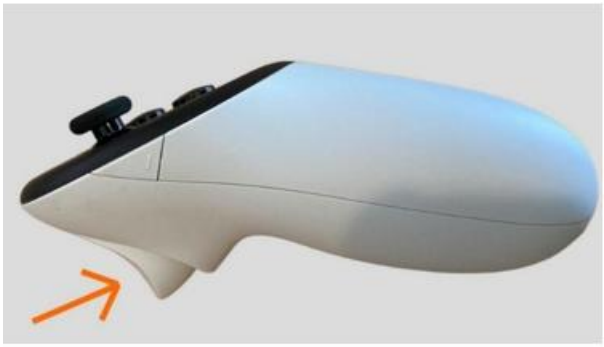


Movimiento dentro del entorno

Joystick izquierdo: Permite avanzar, retroceder y desplazarse hacia los lados dentro del quirófano virtual.

Joystick derecho: Gira la vista hacia la izquierda o derecha sin necesidad de rotar el cuerpo físicamente.

Interacción con objetos



Botón Trigger (gatillo) derecho o izquierdo:
Se utiliza para seleccionar elementos y activar objetos dentro del entorno. Basta con apuntar con el rayo de interacción y presionar el gatillo.

Rayo de selección



- **Botón X** (controlador izquierdo)

- **Botón A** (controlador derecho)

Al presionarlos se activa un rayo láser que facilita seleccionar elementos a distancia con mayor precisión.

Salir sesión habilitar ventana



Al presionar el botón como se indica en la imagen me permite habilitar y deshabilitar la ventana correspondiente para que el usuario pueda salir de la sesión

5 Recomendaciones de navegación

- Si sientes mareo durante el desplazamiento, realiza una pausa.

- Mantén tu espacio físico despejado para evitar choques con objetos reales.

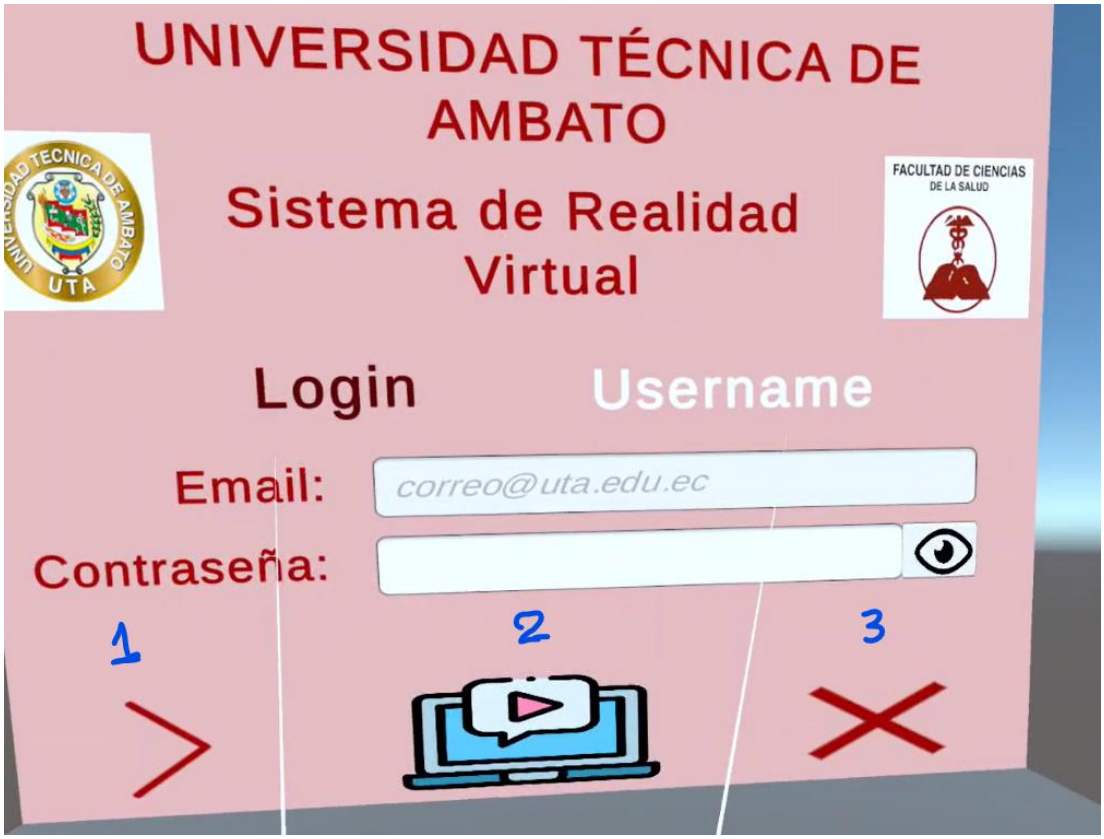
Interfaz de usuario – Menú principal

Elementos disponibles en la pantalla inicial:

1. **Botón de Inicio (>)**
   Accede al quirófano simulado, siempre y cuando las credenciales sean las correctas que se usó el registrar a usuario.

2. **Botón de Tutorial**
   Reproduce una guía interactiva sobre el uso de los controles.

3. **Botón de Salida (X)**
   Cierra la aplicación.



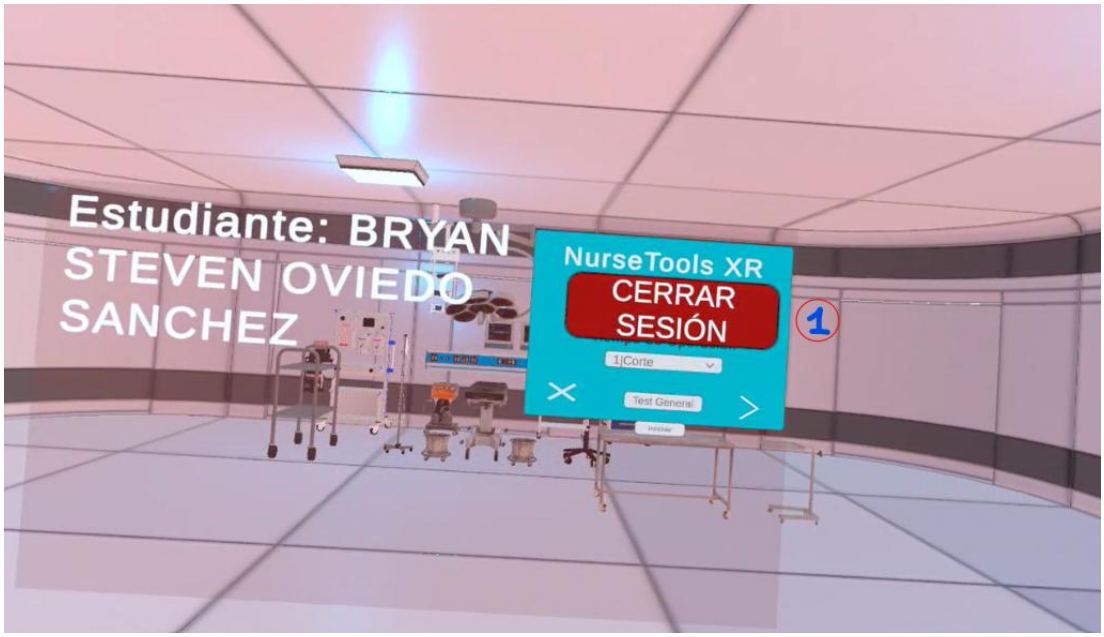
Elementos disponibles en escenario quirúrgico en la pantalla inicial:

Para habilitar y deshabilitar la ventana como se indica en la imagen anteriormente, para el cerrado de sesión

1. Botón Cerrar Sesión: Accede a las opciones de usuario “Guardar y salir”, “No Guardar y salir” y “Cancelar”.

2. Botón Guardar y salir: Me permite guardar el progreso hasta el punto donde dejé el progreso, y salir de la sesión al menú principal.

3. Botón No Guardar y salir: Me permite salir de la sesión al menú principal y no guardar el progreso.





Simulación armado mayo modo práctica:

1. Cerrar mesa mayo: Cierra el menú.

2. Menú desplegable tipo de operación: Selección tipo de operación.

3. Menú desplegable tipo de tiempo: Selección tipo de tiempo.

4. Acceder al modo test: Iniciar la simulación general con todos los tiempos disponibles hacia el estudiante.

5. Botón (>): Inicia la práctica según la operación y el tiempo correspondiente



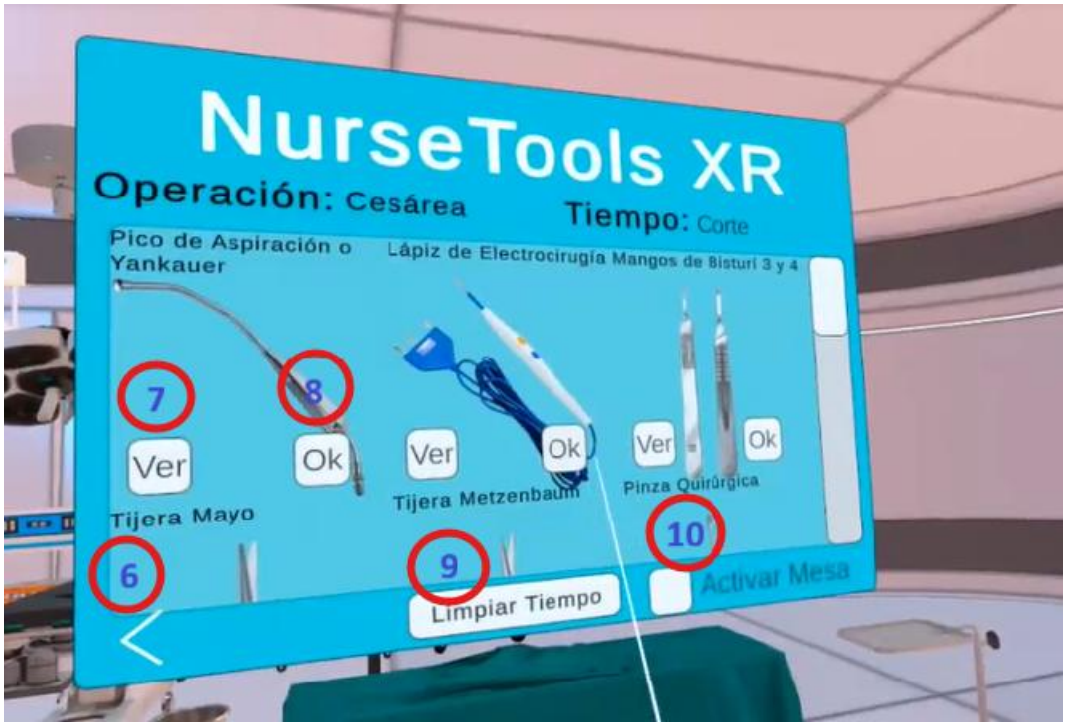
6. Botón (<): Regresa al menú.

7. Botón Ver: Me permite visualizar el instrumento escogido para sus especificaciones.

8. Botón Ok: Selección el instrumento con el tiempo respectivo a la mesa mayo.

9. Botón Limpiar Tiempo: Cualquier instrumento/s colocado en el tiempo respectivo se borra.

10. Toggle Activar Mesa: Se activa automáticamente la mesa mayo para los instrumentos



11. Botón Información: Me permite saber la descripción de ese instrumento.

12. Botón (>): Me regresa al menú de los instrumentos



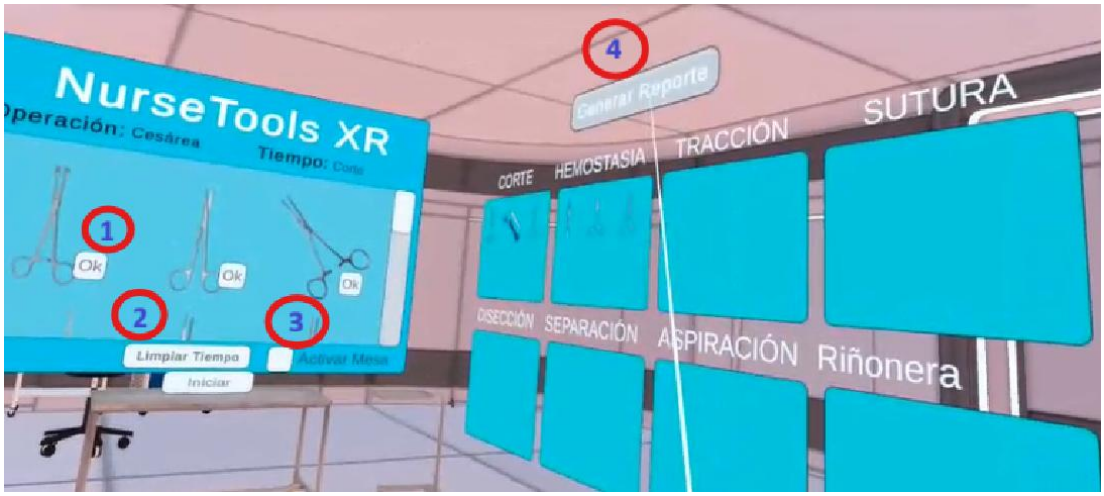
Simulación armado mayo modo test:

1. Botón Ok: Selección del instrumento a la mesa mayo.

2. Botón Limpiar Tiempo: Borra los instrumento/s asignados a ese tiempo de la mesa mayo.

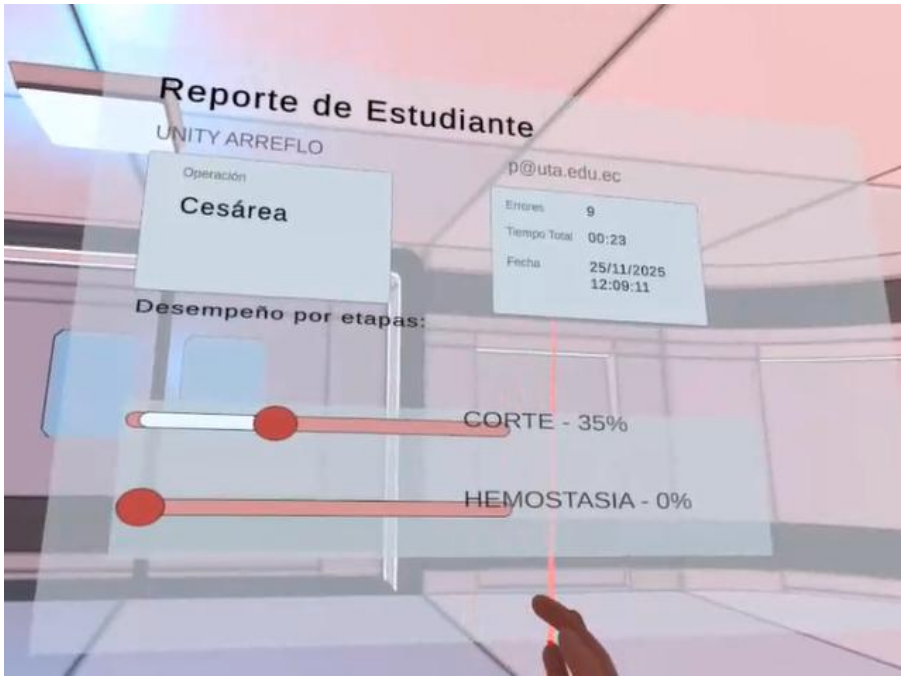
3. Toggle Activar Mesa: Me muestra la mesa mayo correspondiente para la asignación de los instrumento/s.

4. Botón Generar Reporte: Me genera el reporte, para el progreso del estudiante



Reporteria de la operación:

Me muestra una recopilación del avance que he realizado, Operación, errores, tiempo total del transcurso, fecha, y el desempeño por etapas mediante sliders junto con su porcentaje correspondiente.



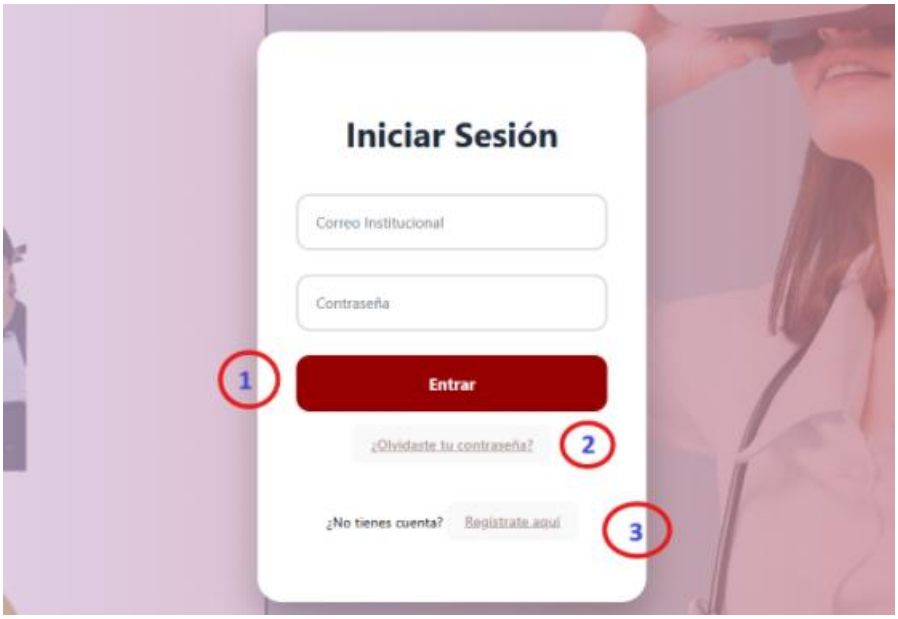
SISTEMA WEB

Sistema de Login

1. Botón Entrar: Ingresando las credenciales correctas hacia el menú correspondiente según su rol.

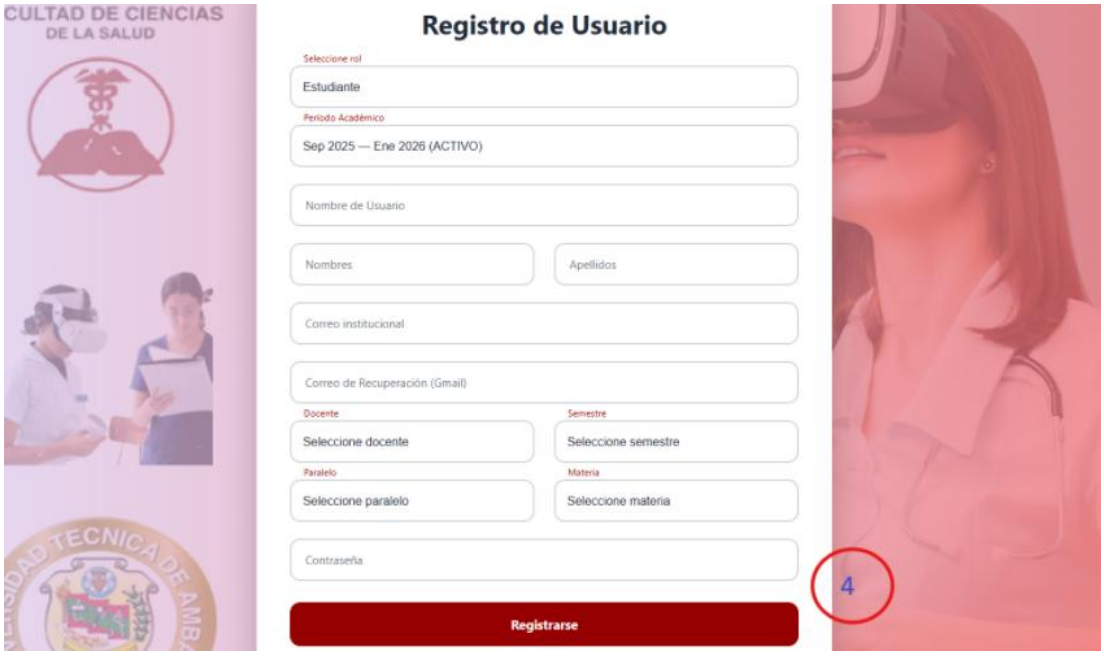
2. Botón Recuperación de contraseña: Para recuperar la contraseña.

3. Botón Registrarse: Me permite registrar un nuevo usuario.



Sistema de Registrarse

4. Botón Registrarse: Llenar todos los campos correspondientes para poder registrarse.



5. Botón Enviar código: Se enviará un código vía Gmail para poder recuperar la contraseña correspondiente.

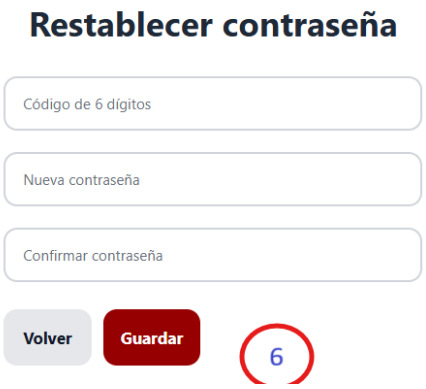
6. Botón Volver Login: Vuelvo al menú del Login.



7. Botón Verificar: Mediante el código enviado me permite para poder cambiar la contraseña.



8. Botón Guardar: Mediante el código enviado e ingresando la contraseña nueva me permite cambiar la contraseña.



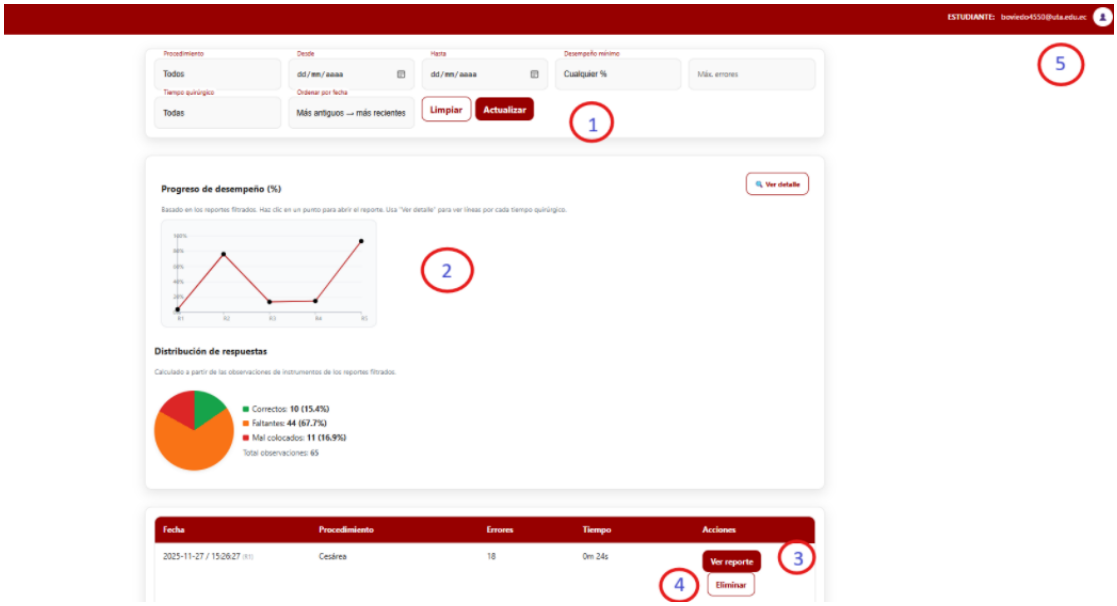
Sistema de panel para estudiantes

1. Filtros de búsqueda: Me permite buscar por operación, las fechas, los errores cometidos, tiempos quirúrgicos realizados, ordenar por mayor o por menor y actualizar los datos

2. Gráfico de desempeño: Me permite ver específicamente el porcentaje total, y dando click los respectivos tiempos específicos a esa operación

3. Botón Ver Reporte: Me permite visualizar el reporte específicamente de esa operación que se realizó

4. Botón Eliminar: Me permite eliminar ese reporte especifico



Perfil de usuario

1. Botón Cancelar: Me permite cancelar y cerrar la ventana

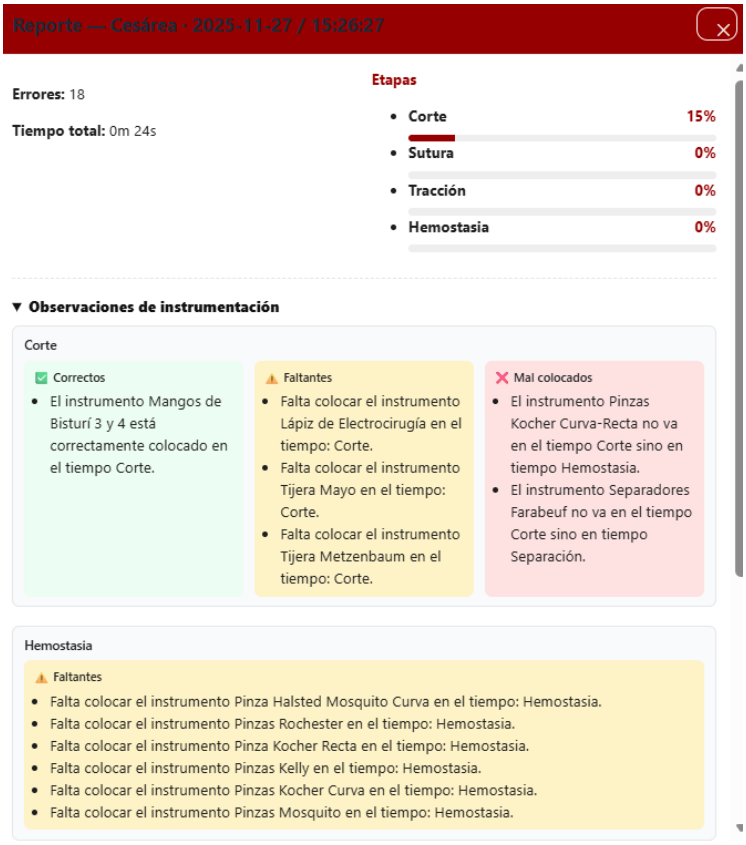
2. Botón Guardar: Me permite guardar los cambios

3. Botón (X): Me permite cancelar y cerrar la ventana



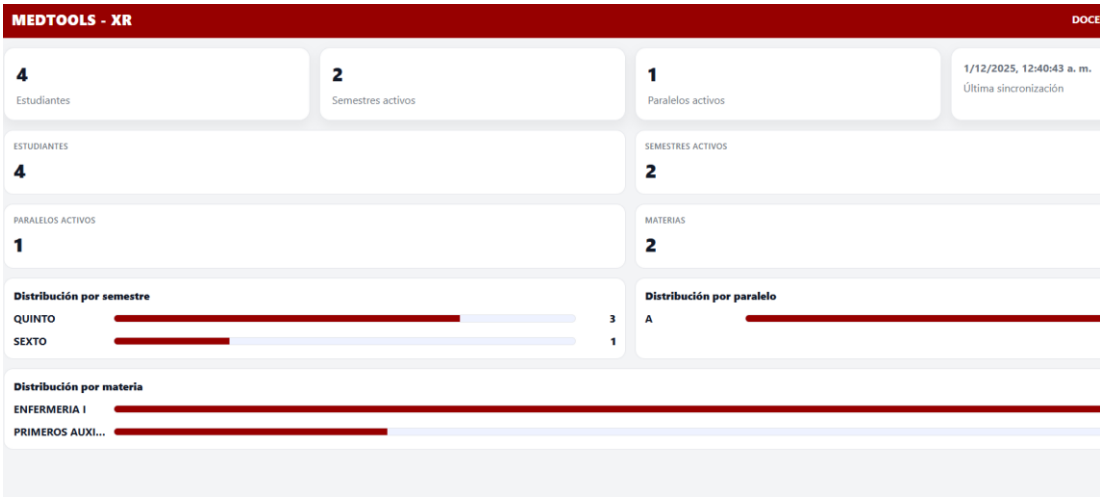
Reporte del estudiante

Se detalla todas las observaciones realizadas por el estudiante



Sistema de panel para docentes

Se observa un dashboard para visualizar cuantos estudiantes, cursos, materias, esta distribuido el semestre correspondiente.



1. Filtros de búsqueda: Se presenta para buscar el estudiante en especifico usando los filtros, por nombre, por correo, materia.

2. Botón Nuevo Estudiante: Me permite crear un nuevo estudiante

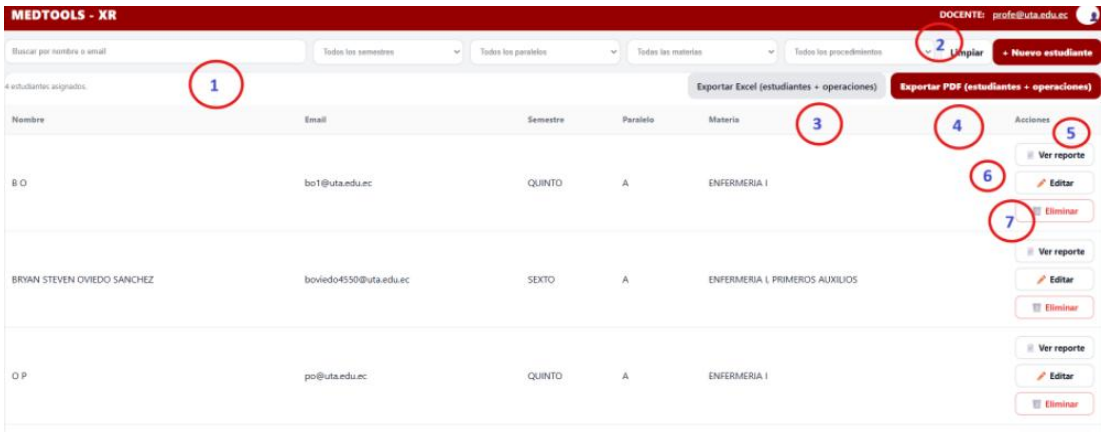
3. Botón Exportar en Excel: Exporta todos los resultados realizados por los estudiantes al docente asignado en formato Excel

4. Botón Exportar en PDF: Exporta todos los resultados realizados por los estudiantes al docente asignado en formato PDF

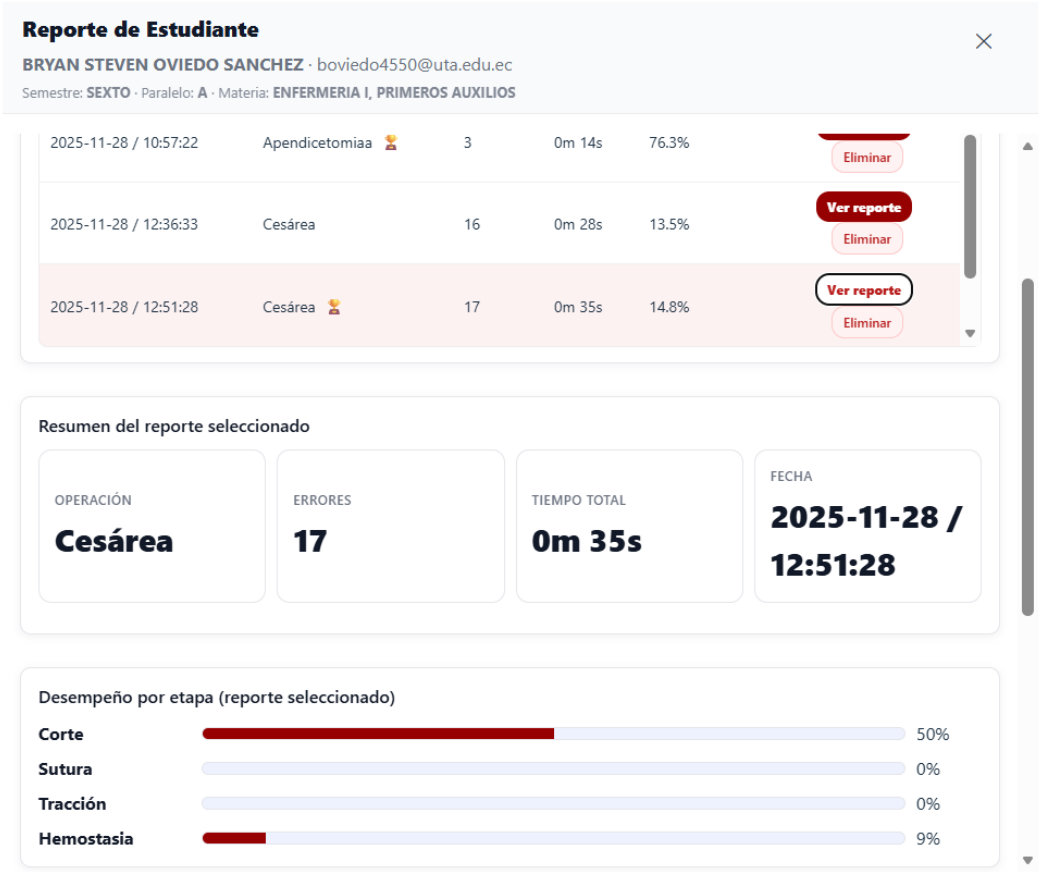
5. Botón Ver Reportes: Me permite visualizar todos los reportes realizados por el estudiante.

6. Botón Editar Estudiante: Me permite editar al estudiante.

7. Botón Eliminar Estudiante: Me permite dar de baja a ese estudiante.



Reporte del estudiante hacia el docente



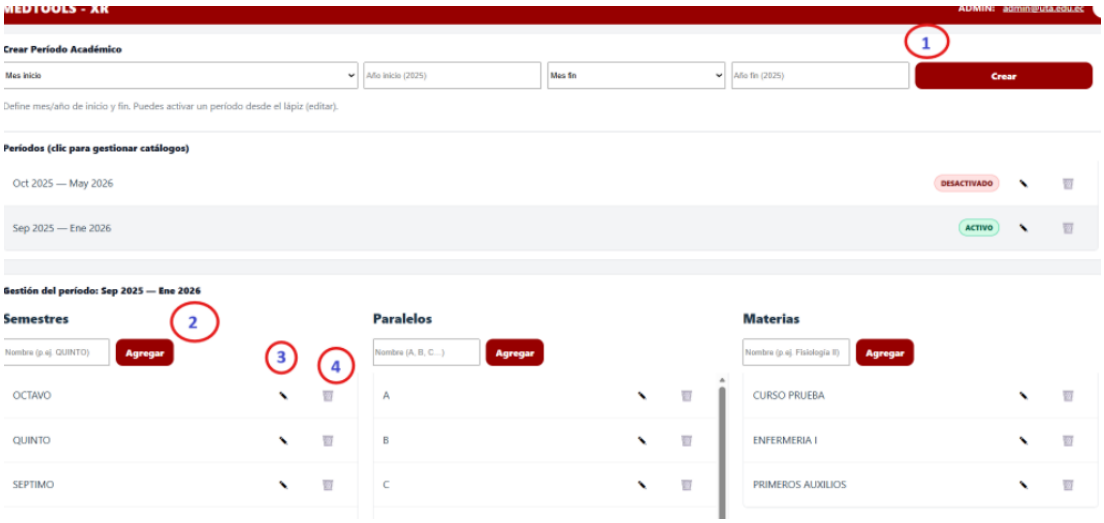
Periodos académicos por administrador

1. Botón Crear: Me permite crear un nuevo periodo académico y asignarle su estado activo/desactivado

2. Botón Agregar: Me permite crear semestre/paralelo/materia

3. Botón Editar: Me permite editar semestre/paralelo/materia

4. Botón Eliminar: Me permite eliminar semestre/paralelo/materia



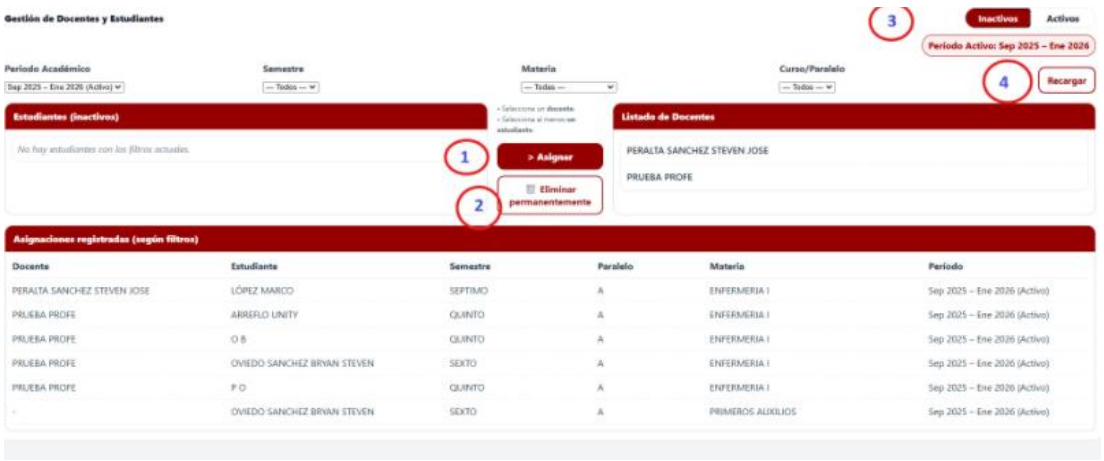
Asignación de estudiantes y docentes por administrador

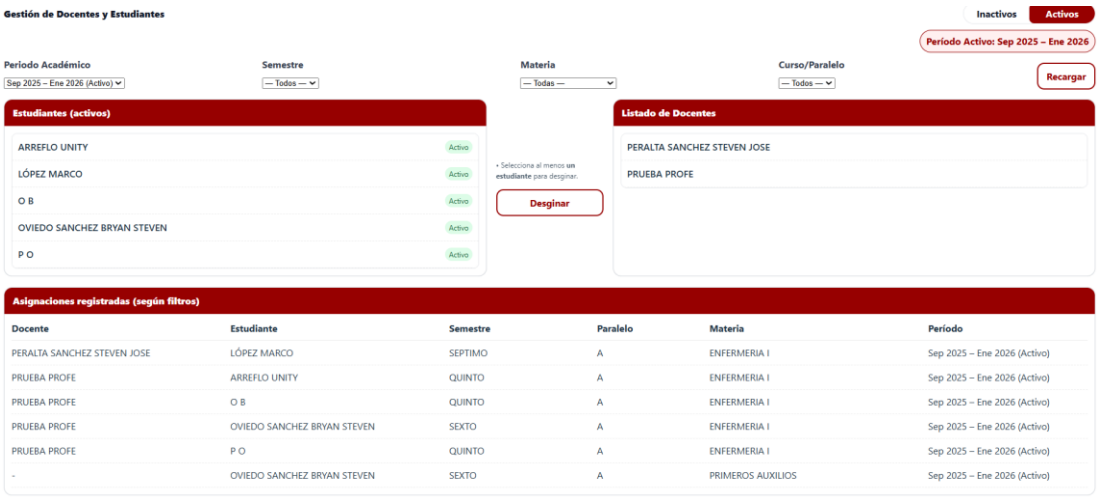
1. Botón Asignar: Me permite asignar al estudiante junto con el docente correspondiente

2. Botón Eliminar permanente: Me permite eliminar permanentemente al estudiante

3. Botón estado del estudiante: Me permite visualizar al estudiante si este activo al periodo académico

4. Botón Recargar: Me permite actualizar la información





Gestión de operaciones quirúrgicas por administrador

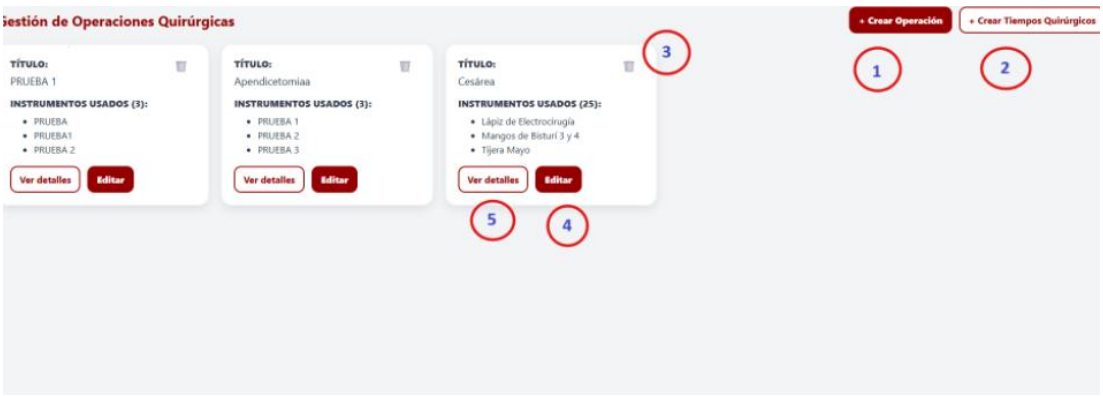
1. Botón Crear Operación: Me permite crear una nueva operación

2. Botón Crear Tiempos quirúrgicos: Me permite crear tiempos quirúrgicos a las operaciones

3. Botón eliminar operación: Me permite eliminar esa operación especifica

4. Botón editar operación: Me permite actualizar la información de la operación

5. Botón ver detalles: Me permite visualizar la operación junto con sus instrumentos escogidos realizadas.



Gestión de operaciones quirúrgicas para crear por administrador

1. Título: Me permite ingresar un nuevo titulo

2. Botón Subir Archivo: Me permite subir formatos imagen .jpg, .png. .jpeg de los instrumentos quirúrgicos

3. Botón Agregar Instrumento: Me permite crear nuevos instrumentos correspondientes a la operación.

4. Botón guardar: Me permite guardar el instrumento correspondiente

5. Botón cancelar: Me permite cancelar la operacion.

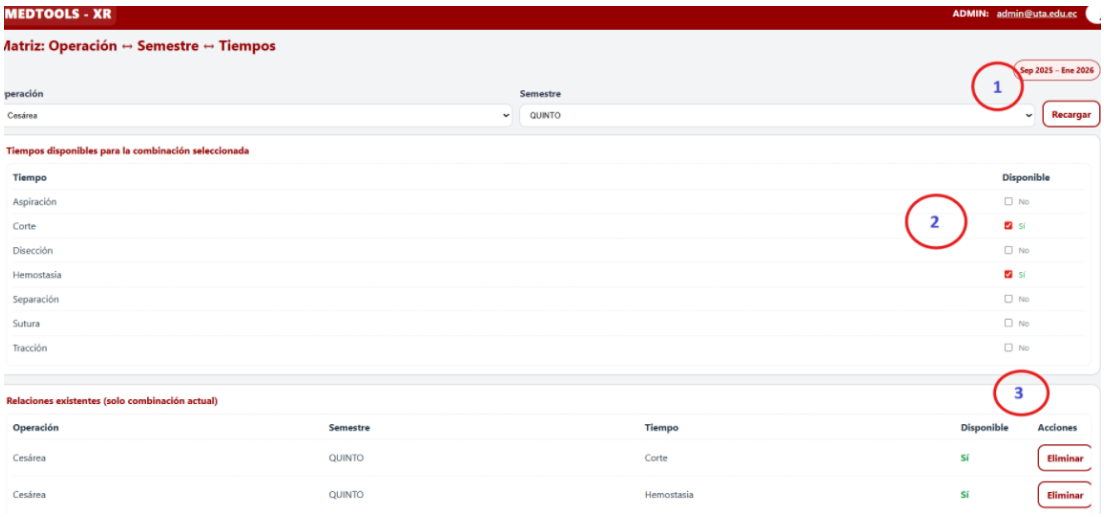


Gestión de matriz de disponibilidad de las operaciones por administrador

1. Botón Recargar: Me permite recargar la página de la disponibilidad

2. Check Disponibilidad: Me permite darles asignación a que semestre, operación los respectivos estudiantes pueden realizar el tiempo correspondiente.

3. Botón eliminar: Me permite eliminar la asignación de la disponibilidad del estudiante


MEDTOOLS - XR
ADMIN: admin@uta.edu.ec
Matriz: Operación ↔ Semestre ↔ Tiempos
Sep 2025 – Ene 2026
peración
Cesárea
Semestre
QUINTO
Recargar
1
Tiempos disponibles para la combinación seleccionada
Tiempo
Disponible
Aspiración
No
Corte
Sí
Disección
No
Hemostasia
Sí
Separación
No
Sutura
No
Tracción
No
2
Relaciones existentes (solo combinación actual)
Operación
Semestre
Tiempo
Disponible
Acciones
Cesárea
QUINTO
Corte
Sí
Eliminar
Cesárea
QUINTO
Hemostasia
Sí
Eliminar
3