

VIDEOJUEGO SERIO EN *UNITY* PARA APOYAR LA ADHERENCIA A LAS NORMAS
DE BIOSEGURIDAD EN MICROBIOLOGÍA Y BIOANÁLISIS DE LA UIS

ANDRÉS FELIPE MUÑOZ AGUILAR
BRANDON DAVID JAIMES CASTRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
PREGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA

2026

VIDEOJUEGO SERIO EN *UNITY* PARA APOYAR LA ADHERENCIA A LAS NORMAS
DE BIOSEGURIDAD EN MICROBIOLOGÍA Y BIOANÁLISIS DE LA UIS

ANDRÉS FELIPE MUÑOZ AGUILAR
BRANDON DAVID JAIMES CASTRO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas

Director

Urbano Eliécer Gómez Prada
Doctor en Tecnología Educativa

Tutora

Giovanna Rincón Cruz
Doctora en el área de Farmacia y Bioquímica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
PREGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA

2026

DEDICATORIA

Al amor.

Al amor de quien con diligencia edifica montañas para domar las estrellas.

Al amor de quien, con pies rectos camina senderos para guiar otros pies.

Al amor de la ciencia, del alma sensible y del corazón que arde en llamas.

Al amor del corazón que palpita en sintonía con el propio, que acompaña en la soledad, que reafirma en la debilidad y que, con una magia íntima, sonrío infinita trayendo un rocío de esperanza.

Y, por sobre todo, al amor de entrega y al amor que se entrega: Por quien todo fue hecho y sin quien nada habría sido hecho.

Andrés Felipe Muñoz Aguilar

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi madre, por su amor incondicional, por el constante apoyo que me ha dado durante toda la vida, por creer en mí incluso cuando ni yo lo hacía, y por ser un pilar de apoyo y guía.

A mi novia, Samantha, por su compañía, apoyo y comprensión constante; por darme ánimos durante el proceso y celebrar cada avance a mi lado.

A mi familia, por su cariño y apoyo.

De manera especial, a mi gata Sammy, por su silenciosa compañía durante las largas jornadas de estudio. Su presencia siempre ha hecho que todo sea más llevadero en los días de esfuerzo arduo.

“El éxito no es el final, el fracaso no es fatal: lo que cuenta es el valor para continuar.”

— Winston Churchill

Brandon David Jaimes Castro

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Urbano Eliécer Gómez Prada, director del proyecto, y a la Dra. Giovanna Rincón Cruz, tutora del trabajo, por su orientación, acompañamiento y aportes durante el desarrollo de esta práctica en docencia.

Asimismo, agradecen a la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática y al programa de Microbiología y Bioanálisis por brindar el contexto académico para la realización del proyecto.

También se agradece a los estudiantes que participaron en las pruebas del prototipo *BioLimit*, cuyas observaciones permitieron identificar oportunidades de mejora en la experiencia de uso.

Finalmente, los autores agradecen a sus familias, por el apoyo, la paciencia y la motivación brindada durante el proceso de formación académica y la culminación de este trabajo de grado.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	19
2. OBJETIVOS	22
2.1. OBJETIVO GENERAL	22
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. MARCO DE REFERENCIA	24
3.1. MARCO TEÓRICO	24
3.1.1. Videojuego.	25
3.1.2. Serious Games.	26
3.1.3. Normas de bioseguridad.	28
3.1.4. SCRUM Adaptado.	29
3.1.5. Modelo System Usability Scale (SUS).	31
3.2. MARCO TECNOLÓGICO	32
3.2.1. Unity.....	33
3.2.2. Git.	34
3.2.3. GitHub.....	35
3.2.4. Inkscape.....	35
3.2.5. Cakewalk.	36
3.2.6. Firebase.....	37
3.2.7. Notion.....	37
3.3. MARCO HISTÓRICO	37
3.3.1. Antecedentes de juegos serios.	38
4. METODOLOGÍA.....	39
4.1. ENFOQUE METODOLÓGICO: RUP	39
4.2. ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA	41
4.3. DISEÑO DE TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	44

4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	45
4.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	45
4.6. ASPECTOS ÉTICOS	46
5. RESULTADOS	47
5.1. DEFINICIÓN DEL ALCANCE FUNCIONAL DEL VIDEOJUEGO SERIO.....	47
5.1.1. Normas de bioseguridad seleccionadas.	47
5.1.2. Conductas de riesgo identificadas.	50
5.1.3. Definición de épicas e historias de usuario.	52
5.2. DISEÑO DE LA EXPERIENCIA DE JUEGO	56
5.2.1. Diseño general de la experiencia.	56
5.2.2. Estructura de minijuegos.....	59
5.2.3. Flujo de navegación del jugador.	61
5.2.4. Sistema de puntuación y realimentación.....	65
5.2.5. Diseño de interfaz y recursos visuales.....	69
5.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO EN <i>UNITY</i>	74
5.3.1. Configuración del espacio de trabajo en Unity.....	76
5.3.2. Escenas implementadas.	79
5.3.3. Implementación de minijuegos.....	83
5.3.4. Managers, controladores y scripts principales.	87
5.3.5. Persistencia y registro de resultados.	96
5.3.6. Panel web de consulta de resultados.	99
5.3.7. Publicación del prototipo.	103
5.4. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO CON USUARIOS	105
5.4.1. Diseño de la intervención con usuarios.	105
5.4.2. Instrumento de evaluación aplicado.....	107
5.4.3. Participantes y versiones evaluadas.	109
5.4.4. Resultados de usabilidad mediante SUS.....	112
5.4.5. Claridad de instrucciones y percepción de refuerzo de bioseguridad.	114
5.4.6. Análisis cualitativo de comentarios abiertos.....	116
5.4.7. Síntesis de la evaluación y oportunidades de mejora.	120

6. CONCLUSIONES.....	123
7. RECOMENDACIONES	126
BIBLIOGRAFÍA	129
ANEXOS	133

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Diagrama de casos de uso general del prototipo <i>BioLimit</i>	54
Figura 2. Diagrama de flujo de navegación del jugador en <i>BioLimit</i>	63
Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de puntuación y realimentación en <i>BioLimit</i>	66
Figura 4. Pantalla de resultados de un minijuego en <i>BioLimit</i>	68
Figura 5. Pantalla final de resultados de <i>BioLimit</i>	69
Figura 6. Menú principal antes del inicio de sesión.	70
Figura 7. Menú principal con acceso habilitado a la partida.	70
Figura 8. Resaltado visual de un <i>puzzle</i> disponible para interacción.	71
Figura 9. Tutorial contextual presentado antes de un minijuego.	72
Figura 10. Repositorio de tutoriales desbloqueables.	73
Figura 11. Diagrama de arquitectura general del prototipo <i>BioLimit</i>	75
Figura 12. Espacio de trabajo del proyecto <i>BioLimit</i> en <i>Unity</i>	77
Figura 13. Organización de carpetas y recursos del proyecto en <i>Unity</i>	78
Figura 14. Escena <i>TestMenu</i> con sesión iniciada y acceso habilitado a la partida.	80
Figura 15. Escena <i>GameDemo</i> con el escenario de laboratorio y los puntos de interacción.	81
Figura 16. Escena <i>TutorialsRepository</i> con tarjetas de tutoriales desbloqueables.	82
Figura 17. Escena <i>FinalScore</i> con el resumen general de desempeño.	82
Figura 18. Interfaz del minijuego <i>EppDressUp</i>	84
Figura 19. Interfaz del minijuego <i>Waste Sorting Challenge</i>	85
Figura 20. Interfaz del minijuego <i>Decontamination Protocol</i>	86
Figura 21. Interfaz del minijuego <i>BloodStain</i>	86
Figura 22. Diagrama resumido general de clases principales de <i>BioLimit</i>	88
Figura 23. Diagrama de secuencia resumido del flujo de interacción con minijuegos en <i>BioLimit</i>	88
Figura 24. Fragmento de código fuente de la clase <i>AbstractPuzzleGameplay</i>	91

Figura 25. Fragmento de código fuente de la clase <i>PuzzleManager</i>	92
Figura 26. Fragmento de código fuente de la clase <i>PuzzleEvaluation</i>	93
Figura 27. Fragmento de código fuente de la clase <i>EvaluationSystem</i>	94
Figura 28. Fragmento de código fuente de la clase <i>DataManager</i>	95
Figura 29. Diagrama de actividades del proceso de persistencia y registro de resultados en <i>BioLimit</i>	97
Figura 30. Diagrama de secuencia del registro y consulta de resultados en <i>BioLimit</i> ..	100
Figura 31. Estructura de información almacenada en <i>Firestore</i> para el prototipo <i>BioLimit</i>	101
Figura 32. Panel web de consulta de resultados enviados desde <i>BioLimit</i> a <i>Firestore</i>	102
Figura 33. Página de publicación del prototipo <i>BioLimit</i> en <i>itch.io</i>	104
Figura 34. Distribución de respuestas recolectadas por versión evaluada.....	111
Figura 35. Promedio SUS obtenido por versión evaluada.....	113
Figura 36. Promedios de claridad de instrucciones y refuerzo de bioseguridad por versión evaluada.....	115
Figura 37. Frecuencia de menciones asociadas a oportunidades de mejora.....	118
Figura F1. Página de publicación del prototipo <i>BioLimit</i> en <i>itch.io</i>	153
Figura F2. Panel web de consulta de resultados enviados desde <i>BioLimit</i>	154
Figura G1. Información general de <i>BioLimit</i> en el GDD.	156
Figura G2. Características de <i>BioLimit</i> en el GDD.	157
Figura G3. Bucle principal de <i>BioLimit</i> en el GDD.....	157
Figura G4. Definición de <i>puzzle</i> para <i>BioLimit</i> en el GDD.....	158
Figura H1. Normas Generales de Bioseguridad: Materia prima de definición de Normas de Bioseguridad.	159
Figura H2. Normas Generales de Bioseguridad: Materia prima de definición de Normas de Bioseguridad (Página 2).	160
Figura H3. Normas de Bioseguridad Usadas en el Videojuego: Definición primitiva del <i>puzzle EppDressUp</i>	161

Figura H4. Normas de Bioseguridad Usadas en el Videojuego: Definición primitiva del <i>puzzle BloodStain</i>	162
Figura H5. Normas de Bioseguridad Usadas en el Videojuego: Definición primitiva del <i>puzzle WasteSortingChallenge</i>	163
Figura I1. Manual de Bioseguridad en el Laboratorio - Cuarta edición.....	165

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Relación entre <i>sprints</i> y evidencias metodológicas <i>RUP + SCRUM</i>	43
Cuadro 2. Normas de bioseguridad representadas en el prototipo	48
Cuadro 3. Conductas de riesgo identificadas para el diseño del prototipo	51
Cuadro 4. Resumen de historias de usuario registradas en <i>Notion</i>	53
Cuadro 5. Épicas asociadas a las historias de usuario terminadas.....	55
Cuadro 6. Elementos principales del diseño de la experiencia <i>BioLimit</i>	57
Cuadro 7. Estructura de minijuegos finales del prototipo	60
Cuadro 8. Flujo de navegación del jugador.	64
Cuadro 9. Componentes del sistema de puntuación y realimentación.	67
Cuadro 10. Recursos visuales empleados en la interfaz de <i>BioLimit</i>	73
Cuadro 11. Configuración general del entorno de desarrollo de <i>BioLimit</i>	76
Cuadro 12. Escenas implementadas en el prototipo <i>BioLimit</i>	79
Cuadro 13. Minijuegos implementados en el prototipo final	84
Cuadro 14. Responsabilidades principales de los componentes de implementación. ...	90
Cuadro 15. Datos principales registrados durante el proceso de persistencia.	98
Cuadro 16. Elementos incluidos en la publicación del prototipo en <i>itch.io</i>	103
Cuadro 17. Diseño general de la intervención con usuarios	106
Cuadro 18. Relación entre jornadas de prueba e iteraciones del prototipo	106
Cuadro 19. Estructura del instrumento de evaluación aplicado.....	107
Cuadro 20. Ítems SUS incluidos en el formulario	108
Cuadro 21. Codificación de la escala de respuesta	108
Cuadro 22. Condiciones generales de participación en la evaluación.	110
Cuadro 23. Distribución de respuestas por versión evaluada.	110
Cuadro 24. Indicadores generales del puntaje SUS obtenido.	112
Cuadro 25. Resultados SUS por versión evaluada.	113

Cuadro 26. Resultados de claridad de instrucciones y refuerzo de bioseguridad por versión evaluada.	114
Cuadro 27. Distribución de respuestas en las preguntas complementarias.	115
Cuadro 28. Categorías positivas identificadas en los comentarios abiertos.	117
Cuadro 29. Oportunidades de mejora identificadas en los comentarios abiertos.	118
Cuadro 30. Síntesis de resultados obtenidos en la evaluación del prototipo.	120
Cuadro 31. Ajustes derivados de la evaluación e incorporados al prototipo.	121
Cuadro 32. Oportunidades de mejora pendientes para futuras iteraciones.	122
Cuadro A1. Historias de usuario.	133
Cuadro B1. Relación de evidencias metodológicas RUP + SCRUM por sprint.	142
Cuadro C1. Relación de diagramas técnicos ampliados disponibles como anexos digitales.	145
Cuadro D1. Estructura del formulario de evaluación aplicado.	147
Cuadro D2. Ítems SUS incluidos en el formulario.	148
Cuadro D3. Escala de respuesta usada para los ítems SUS.	148
Cuadro D4. Preguntas complementarias y abiertas incluidas en el formulario.	149
Cuadro E1. Archivo digital asociado al análisis de resultados.	151
Cuadro E2. Indicadores generales consolidados del formulario de evaluación.	151
Cuadro E3. Resultados consolidados por versión evaluada.	152
Cuadro E4. Distribución de respuestas en preguntas complementarias.	152
Cuadro F1. Relación de evidencias externas del prototipo BioLimit.	153

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Historias de usuario terminadas del prototipo	133
Anexo B. Evidencias metodológicas <i>RUP</i> + <i>SCRUM</i> por sprint.....	141
Anexo C. Diagramas técnicos ampliados del prototipo	144
Anexo D. Formulario de evaluación aplicado a los estudiantes	146
Anexo E. Resultados consolidados del formulario de evaluación	150
Anexo F. Evidencias de publicación, despliegue y almacenamiento externo.....	153
Anexo G. <i>Game Design Document</i> (GDD).....	156
Anexo H. Normas generales de bioseguridad y Normas usadas en <i>BioLimit</i>	159
Anexo I. Cuarta edición del Manual de Bioseguridad en el Laboratorio	165

RESUMEN

TÍTULO: VIDEOJUEGO SERIO EN *UNITY* PARA APOYAR LA ADHERENCIA A LAS NORMAS DE BIOSEGURIDAD EN MICROBIOLOGÍA Y BIOANÁLISIS DE LA UIS

AUTOR: Andrés Felipe Muñoz Aguilar, Brandon David Jaimes Castro.

PALABRAS CLAVE: Normas de bioseguridad, *Game-based learning*, videojuego serio, *Unity*, *RUP*, *SCRUM*, software educativo.

DESCRIPCIÓN: El presente proyecto desarrolló y evaluó *BioLimit*, un videojuego serio programado en el motor de desarrollo de videojuegos multiplataforma *Unity*. Este videojuego está orientado a apoyar la adherencia a las normas de bioseguridad en el programa de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander (UIS). La propuesta responde a conductas inseguras observadas en espacios de laboratorio mediante un prototipo basado en *Game-based learning*, donde el usuario interactúa con situaciones de laboratorio en un entorno controlado y libre de riesgo. El videojuego incluye minijuegos sobre uso de Elementos de Protección Personal (EPPs), clasificación de residuos, descontaminación y manejo de derrames biológicos, integrando tutoriales, puntuación, realimentación inmediata y registro de desempeño. Metodológicamente, se empleó la metodología *Rational Unified Process* (RUP) complementado con el marco de trabajo ágil *SCRUM* adaptado, y el prototipo fue implementado como una experiencia 2D para sistemas operativos *Android* y *Windows*, con persistencia de resultados en *Firebase* y un panel web de consulta. La evaluación de usabilidad se realizó en tres jornadas presenciales con estudiantes de distintos niveles de Microbiología y Bioanálisis, mediante la *System Usability Scale* (SUS), preguntas complementarias y comentarios abiertos. Se consolidaron 26 respuestas, con un puntaje SUS general de 81,15 sobre 100, claridad de instrucciones con un puntaje de 4,42 sobre 5 y percepción de refuerzo de bioseguridad de 4,88 sobre 5. Esto permite evidenciar una recepción favorable del prototipo, por parte de una muestra del público objetivo.

*Práctica en docencia.

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Pregrado en Ingeniería de Sistemas. Director: Urbano Eliécer Gómez Prada. Dr. en Tecnología Educativa. Tutora: Giovanna Rincón Cruz. Dra. en el área de Farmacia y bioquímica.

ABSTRACT

TITLE: SERIOUS GAME MADE WITH *UNITY* TO SUPPORT ADHERENCE TO BIOSAFETY STANDARDS IN MICROBIOLOGY AND BIOANALYSIS AT THE UIS

AUTHOR: Andrés Felipe Muñoz Aguilar, Brandon David Jaimes Castro.

KEY WORDS: Biosafety standards, *Game-based learning*, serious game, *Unity*, RUP, SCRUM, educational software.

DESCRIPTION: This project developed and evaluated *BioLimit*, a serious video game programmed using the multiplatform game development engine called *Unity*. This video game is designed to support adherence to biosafety standards in the Microbiology and Bioanalysis program at the Industrial University of Santander (UIS). The proposal addresses unsafe behaviors observed in laboratory settings through a prototype based on *Game-Based Learning*, where the user interacts with laboratory scenarios in a controlled, risk-free environment. The video game includes mini-games on the use of Personal Protective Equipment (PPEs), waste sorting, decontamination, and the handling of biological spills, incorporating tutorials, scoring, immediate feedback, and performance tracking. Methodologically, the *Rational Unified Process* (RUP) was employed, complemented by an adapted *SCRUM* agile framework, and the prototype was implemented as a 2D experience for *Android* and *Windows* operative systems, with results stored in *Firebase* and a web-based dashboard for review. The usability evaluation was conducted over three in-person sessions with students at various levels in Microbiology and Bioanalysis, using the *System Usability Scale* (SUS), supplementary questions, and open-ended comments. A total of 26 responses were compiled, yielding an overall SUS score of 81.15 out of 100, a score of 4.42 out of 5 for clarity of instructions, and a score of 4.88 out of 5 for perceived biosafety reinforcement. These results indicate a favorable reception of the prototype by a sample of the target audience.

*Teaching Practicum.

**Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Systems Engineering and Computer Science. Undergraduate Program in Systems Engineering. Director: Urbano Eliécer Gómez Prada. PhD in Educational Technology. Tutor: Giovanna Rincón Cruz. PhD in Pharmacy and Biochemistry.

INTRODUCCIÓN

El manejo de las normas de bioseguridad en el programa de Microbiología y Bioanálisis es esencial para proteger y preservar la integridad física de estudiantes, profesionales y miembros de la comunidad expuestos a este ambiente.

En la Microbiología y Bioanálisis hay manipulación de microorganismos y muestras biológicas, agentes patógenos, residuos clínicos, entre otras prácticas. Esto implica riesgos que, sin el cumplimiento estricto de las normas, pueden generar accidentes que involucran a distintos actores valiosos.

En la Universidad Industrial de Santander (UIS), dentro del programa de pregrado de la Escuela de Microbiología, se capacita en normas de bioseguridad a los estudiantes en cada uno de sus semestres, sin embargo, se ha observado que incurren en prácticas inadecuadas contrarias a las normas, como el uso de vestimenta no apropiada o el uso de esmalte en las uñas, las cuales incrementan los riesgos a los que la comunidad está expuesta.

Los videojuegos serios y el aprendizaje basado en juegos (*Game-based learning* o GBL, por sus siglas en inglés) se han consolidado internacionalmente como herramientas eficaces para el aprendizaje, al favorecer la motivación, el modelado de comprensión y la toma de decisiones en ambientes libres de riesgo, gracias a los entornos simulados.

En este contexto, se planteó desarrollar un videojuego serio en el motor de videojuegos *Unity*, desarrollado bajo el marco ágil SCRUM Adaptado, que complemente la adherencia a las normas de bioseguridad mediante escenarios de laboratorio interactivos (semejantes a los laboratorios de Microbiología UIS) y realimentación inmediata.

Por lo anterior, este proyecto responde la pregunta: ¿Qué elementos y estrategias de diseño se deben integrar en un videojuego serio complementario para apoyar la

adherencia a las normas de bioseguridad en estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis, asemejando las situaciones donde se aplican? A su vez, la respuesta a esta pregunta podría contribuir al fortalecimiento de una cultura preventiva en la UIS, con potencial de aplicación a otros estudiantes cuyas profesiones se encuentren relacionadas con el sector salud, como la Ingeniería Biomédica, Nutrición, Medicina, Enfermería, entre otros, y contribuir a la formación de profesionales responsables y conscientes de la seguridad en su práctica.

1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las normas de bioseguridad en ambientes del área de salud son fundamentales para garantizar la integridad física de los profesionales, los pacientes y el entorno¹; y así prevenir que el público general se enfrente a situaciones de riesgo que los expongan a perjuicios derivados de la inadecuada manipulación de microorganismos patógenos o potencialmente peligrosos. La mala práctica de estas normas compromete legalmente a la persona que lo manipula y a su institución², afectando la reputación institucional de una universidad que forma profesionales responsables y conscientes de su papel en la prevención de riesgos.

Por estos motivos, trabajar la adherencia a las normas de bioseguridad en estudiantes de Microbiología y Bioanálisis resulta relevante para reforzar prácticas preventivas durante la formación y reducir riesgos asociados al trabajo en laboratorio. De acuerdo con la entrevista realizada a Rincón Cruz³, las pautas de seguridad tienen una complejidad que requiere de una solución novedosa para mejorar su adherencia (tema que la Escuela de Microbiología y Bioanálisis está trabajando), pues se ha evidenciado que los estudiantes que ingresan a prácticas de laboratorio, aun cuando han sido capacitados en normas de bioseguridad, incurren en conductas inadecuadas, lo que incrementa el riesgo de accidentes y compromete la seguridad colectiva.

¹BAYOT, MARIA L, ZUBAIR, M y LIMAIE, F. Biosafety guidelines. En: StatPearls [en línea]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, enero de 2025-. [Actualizado el 19 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537210/> [Consultado: 13 de diciembre de 2025].

²RYAN, J. R. Legal aspects of biosecurity [en línea]. 2016 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802029-6.00010-4>.

³RINCÓN CRUZ, Giovanna. Entrevista realizada a la especialista Giovanna Rincón Cruz, Docente de la escuela de Microbiología y directora del Semillero de Investigación en Bacteriología (SIBAC) y Desarrollo de Videojuegos y Entornos Interactivos (DEVINTER), s. f.

En este contexto, el desarrollo de un videojuego serio se plantea como una alternativa complementaria para reforzar prácticas seguras y apoyar la prevención de errores frecuentes en espacios de laboratorio, reforzando el aprendizaje con una efectividad comparable a los laboratorios tradicionales⁴. Asimismo, ofrece a los estudiantes un espacio seguro para la práctica de habilidades esenciales sin los riesgos propios del entorno real⁵, permitiendo que los estudiantes observen las consecuencias de no seguir los protocolos y contribuyendo a la creación de una cultura preventiva sólida. Igualmente, revisiones sistemáticas han confirmado que la gamificación (relacionada con el *Game-based learning*) y los videojuegos serios educativos constituyen herramientas efectivas en la formación de profesionales de la salud al potenciar la motivación, la retención del conocimiento y la adquisición de conductas seguras⁶.

Paralelamente, esta propuesta tiene la posibilidad de aplicarse a otras profesiones de la salud o la ingeniería como la Ingeniería Biomédica, dado que los ingenieros biomédicos se encargan del manejo de equipos en quirófanos o unidades de diagnóstico, y enfrentan riesgos indirectos por contacto con fómites, fluidos biológicos o por el mismo ambiente de trabajo⁷, a su vez, los microbiólogos realizan el procesamiento de muestras en

⁴CALIK, A.; CAKMAK, B.; KAPUCU, S. y INKAYA, B. The effectiveness of serious games designed for infection prevention and promotion of safe behaviors of senior nursing students during the COVID-19 pandemic [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2022.02.025>.

⁵BAUMANN-BIRKBECK, L. et al. Can a virtual microbiology simulation be as effective as the traditional wet lab for pharmacy student education? [en línea]. 2021 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12909-021-03000-3>.

⁶GENTRY, S. V. et al. Serious gaming and gamification education in health professions: Systematic review [en línea]. 2019 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/12994>.

⁷UNIVERSIDAD EUROPEA. What does a biomedical engineer do? [en línea]. 2021 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://universidadeuropea.com/en/blog/what-does-biomedical-engineer-do/>

laboratorios hospitalarios y asumen riesgos directos al manipular microorganismos. En ambos casos, se comparte la necesidad de aplicar medidas universales de protección, como el uso de Elementos de Protección Personal (EPP) y procedimientos de desinfección y esterilización⁸. De esta manera, dependiendo del enfoque temático del videojuego, es posible diseñar escenarios que aborden contenidos transversales a diferentes profesiones del ámbito de la salud, aportando a la formación integral de estudiantes de Microbiología y Bioanálisis, Ingeniería Biomédica y otros programas relacionados, aunque con enfoques específicos acordes a cada área.

El producto final no solo buscará compartir la información normativa, sino también apoyar la adherencia a las normas de bioseguridad mediante el aprendizaje basado en juegos, fomentando la participación activa y la retención del conocimiento, a su vez que responde a la pregunta: ¿Qué elementos y estrategias de diseño se deben integrar en un videojuego serio complementario para apoyar la adherencia a las normas de bioseguridad en estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis, asemejando las situaciones donde se aplican?

⁸INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Manual de bioseguridad del INS [en línea]. 2023 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Normatividad/LineamientosGuiasProcedimiento/MNL-A01.0000-001%20-%20Manual%20de%20Bioseguridad%20del%20INS.pdf>.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un videojuego serio soportado en el entorno de desarrollo *Unity*, que apoye la adherencia a las normas de bioseguridad necesarias en las prácticas de laboratorio en el programa de Microbiología y Bioanálisis.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el alcance y los requerimientos del videojuego serio a partir del análisis de las normas de bioseguridad aplicables a los laboratorios de la Escuela de Microbiología de la UIS, según las conductas habituales y los escenarios principales que suceden dentro de estos laboratorios.
- Diseñar la experiencia de juego (Mecánicas, narrativa, retos y sistema de realimentación) que apoye la adherencia a las normas de bioseguridad, integrando principios de *Game-based learning* y usabilidad, mediante intervenciones para estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad.
- Implementar en *Unity* un prototipo funcional del videojuego serio, con base en el diseño, que represente situaciones de laboratorio que requieran tomas de decisiones frente a prácticas de bioseguridad integrando recursos multimedia en pro de una experiencia inmersiva.
- Evaluar técnicamente el videojuego serio como producto software, para la verificación de la operación del sistema en términos de funcionalidad, usabilidad, fiabilidad y rendimiento, así como la experiencia de usuario. Esta última, validada mediante intervenciones realizadas por un grupo reducido de estudiantes y

docentes del programa de Microbiología y Bioanálisis, así como por docentes del área de Ingeniería de Sistemas.

3. MARCO DE REFERENCIA

El presente trabajo partió de la necesidad de reforzar conocimientos en conductas seguras con un enfoque interactivo y pedagógico. En este sentido, el proyecto se apoya en distintos marcos conceptuales para el diseño, desarrollo y cumplimiento de sus objetivos, tales como el aprendizaje basado en simulación, bajo el concepto de videojuego serio; las normas de bioseguridad para laboratorios, como fundamento teórico de las políticas de comportamiento; el marco de trabajo ágil SCRUM Adaptado, para el desarrollo del producto de software; y trabajos previos en el área, que se reconocen como una base fundamental para dar guía y contexto al presente proyecto.

3.1. MARCO TEÓRICO

Las bases teóricas del proyecto se encuentran fundamentadas en los ámbitos del aprendizaje mediante el uso de videojuegos como estrategia pedagógica; de las normas de bioseguridad en laboratorios, base del contenido cognitivo; y del marco de trabajo ágil SCRUM Adaptado, como marco de trabajo ágil para el diseño y desarrollo del software.

3.1.1. Videojuego. Un videojuego es un juego (Actividad recreativa) electrónico, donde los jugadores controlan imágenes en una pantalla que proyecta gráficos, mediante una salida visual que transforma señales eléctricas en luz, sonido, respuesta, entre otras⁹. Los videojuegos están inseparablemente interconectados a las plataformas electrónicas (Consolas, computadores, móviles, entre otros) en las que se ejecutan, pues, son exclusivas de estos medios digitales. Asimismo, poseen un conjunto amplio y diverso de características que varían dependiendo de la fuente consultada; en este proyecto se usarán las principales características definidas por la facultad de Ciencia e Ingeniería de la universidad de San Francisco, en Estados Unidos en el artículo de Diana Sanchez:¹⁰

- **Reglas/objetivos:** Consta de aquellos parámetros que el jugador debe acatar, al momento de jugar el videojuego, incluyendo reglas que el jugador debe seguir y un conjunto de metas por las que el jugador debe esforzarse, con el fin de vencer o triunfar. Estas reglas y metas se recomiendan que sean claras para impactar positivamente en el rendimiento del jugador dentro del ambiente digital.
- **Inmersión:** Hace referencia a la capacidad y el efecto de permitir que el jugador se introduzca en el ambiente del videojuego, de tal manera que se relacione con los personajes, situaciones, actividades y escenarios que este presenta; dirigiendo, a su vez, la atención del jugador hacia la realimentación que el videojuego brinda.
- **Conflicto/reto:** Corresponde al empeño que se opone a los esfuerzos del jugador que, por este motivo, constituye un estímulo y desafío para lograr las metas. Estos tienen la capacidad de añadir interés y peligro al videojuego, transformándolo de una

⁹ ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, INC. The Britannica Dictionary: Video game [en línea]. s. f. [Consultado: 15 nov 2025]. Disponible en: <https://www.britannica.com/dictionary/video-game>.

¹⁰SÁNCHEZ, D. R. Videogame-based training: The impact and interaction of videogame characteristics on learning outcomes [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/mti6030019>.

actividad simple a una retadora, que requiere del empeño del jugador para ser superada.

Es conveniente usar videojuegos para los objetivos del presente proyecto ya que, además de las ventajas emocionales, es decir, del aumento en la diversión y la reducción en el estrés de los jugadores, estos últimos reconocen que los videojuegos desarrollan habilidad de resolución de problemas, adaptabilidad y pensamiento crítico. Además de los jugadores, hay un creciente número de rigurosas investigaciones académicas, revisadas por pares, que apoyan las conclusiones que exponen cómo los videojuegos “Mejoran el desarrollo cognitivo, desarrollan la resiliencia emocional, apoyan la salud social, mental y fomentan el aprendizaje y el desarrollo”¹¹.

3.1.2. Serious Games. El aprendizaje basado en juegos (*Game-based learning*) es una estrategia pedagógica dinámica e interactiva que combina elementos lúdicos y educativos para mejorar la comprensión, retención y aplicación de conocimientos. Esto se ha evidenciado en ambientes relacionados con la salud, donde su efectividad ha sido demostrada en estudios que constatan la viabilidad de implementar videojuegos serios en entornos clínicos de alta exigencia, como los destinados a la evaluación cognitiva, lo que los presenta como una solución apropiada para la enseñanza y adherencia de normas de bioseguridad que, en contraposición a las clases con una estructura rígida y organizada, ofrece un espacio interactivo y lúdico que propicia el aprendizaje motivado del estudiante¹².

¹¹ENTERTAINMENT SOFTWARE ASSOCIATION. Power of Play [en línea]. s. f. [Consultado: 15 nov 2025]. Disponible en: <https://www.theesa.com/wp-content/uploads/2025/09/PoP-2025-v10-web-spreads.pdf>.

¹²CHIGNELL, M. et al. A serious game for clinical assessment of cognitive status: Validation study [en línea]. 2016 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/games.5006>.

Asimismo, el uso de mecánicas de juego orientadas a la realimentación inmediata, la planificación de metas y las recompensas combinadas con el peligro de amenazas ha mostrado resultados favorables para motivar la participación de los usuarios en su proceso de aprendizaje. Paralelamente, elementos como la fijación de objetivos, el monitoreo del progreso y la entrega de recompensas permiten generar un entorno de aprendizaje dinámico y adaptativo, donde el jugador percibe un constante y significativo avance. Estas estrategias de diseño pueden favorecer el aprendizaje y adherencia de comportamientos correctos dentro del laboratorio, transformando la práctica en una experiencia interactiva y significativa¹³.

Por otro lado, la revisión de la literatura y metaanálisis de distintos estudios ha demostrado que el aprendizaje basado en videojuegos serios es más efectivo que los métodos tradicionales de enseñanza, generando mayor motivación, compromiso y satisfacción, tanto en estudiantes como en docentes. Además, el uso de tecnologías educativas como los videojuegos promueve un aprendizaje más participativo y flexible, incrementando el rendimiento académico del estudiante¹⁴.

Por consiguiente, gracias a estas ventajas, la literatura revisada sugiere que el aprendizaje basado en videojuegos serios no solo mejora la adquisición de conocimientos, sino que también potencia una actitud positiva hacia el aprendizaje, distinguiéndolo como un método apropiado para lograr los objetivos del presente proyecto¹⁵.

¹³EDWARDS, E. A. et al. Gamification for health promotion: Systematic review of behaviour change techniques in smartphone apps [en línea]. 2016 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012447>.

¹⁴ZHONGGEN, Y. A meta-analysis of use of serious games in education over a decade [en línea]. 2019 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/4797032>.

¹⁵Ibid., p. 24

3.1.3. Normas de bioseguridad. Las normas de bioseguridad son principios, tecnologías o prácticas con el objetivo de prevenir, controlar y rendir cuentas de los materiales biológicos y el equipo, habilidades y datos relacionados con su manejo, para que, así, se pueda prevenir su acceso, pérdida, robo o uso indebido¹⁶.

Este proyecto usó como base conceptual el libro “Manual de bioseguridad en laboratorios” en su cuarta edición (Escrito por la Organización Mundial de la Salud (OMS)), el cual establece las pautas en bioseguridad para los laboratorios según la evaluación de riesgos.

Por otro lado, este manual reconoce que la mayoría de las infecciones asociadas a laboratorios se deben a factores humanos, como el uso inadecuado del equipo de protección, la falta de procedimientos, la escasa capacitación, entre otros¹⁷. Lo anterior ratifica la importancia del presente proyecto, el cual busca formar de manera didáctica e interactiva a los estudiantes, fortaleciendo la adherencia y la aplicación de las normas de bioseguridad y, de esta forma, reducir los errores humanos en ambientes de laboratorio.

¹⁶WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Laboratory biosafety manual*. 4th ed. [en línea]. Geneva: World Health Organization, 2020. [Consultado: 9 jul 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>.

¹⁷Ibid., p. 25

3.1.4. SCRUM Adaptado. SCRUM es un marco de trabajo ágil orientado al trabajo colaborativo y la integración entre las distintas áreas involucradas en el desarrollo de software. Su propósito principal es mejorar la comunicación, fomentar la autogestión del equipo y lograr los resultados más eficientes y satisfactorios para el cliente¹⁸. Scrum tiene sus cimientos en garantizar una dinámica fluida y orientada a resultados, lo que promueve una cultura organizacional basada en la responsabilidad compartida, la adaptabilidad y la mejora continua.

El proceso inicia con la definición de roles clave: El *Product Owner*, responsable de los requerimientos y visión del proyecto; el Scrum Master, un facilitador que guía al equipo y resuelve obstáculos; y el equipo de desarrollo, un conjunto de personas autoorganizadas y comprometidas con lograr los objetivos de desarrollo. Adicionalmente, se establece el *Product Backlog*, una lista priorizada de tareas y funcionalidades, la cual se estima y planifica en *sprints*, es decir, ciclos cortos de trabajo¹⁹. Se hace referencia a SCRUM Adaptado, ya que los roles, que necesitan un equipo bastante amplio, fueron adaptados a uno más reducido.

Durante cada sprint, se usan herramientas para monitorear el progreso del desarrollo y se realizan reuniones para coordinar esfuerzos (Estas reuniones no fueron necesariamente periódicas, ya que dependió del tiempo de los profesores asociados). Al finalizar cada sprint, se efectúa la revisión del sprint, donde se presentan, tanto los avances al cliente como la retrospectiva del proceso, con el fin de analizarlo y mejorarlo

¹⁸HERNÁNDEZ SALAZAR, E. Y. y BELTRÁN, C. A. SCRUM: Un enfoque práctico de metodología ágil para la ingeniería de software [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/15702>.

¹⁹Ibid., p. 25

continuamente. Finalmente, el ciclo se repite inmediatamente, incorporando las lecciones aprendidas para optimizar la eficiencia y minimizar riesgos en el siguiente sprint²⁰.

Para la implementación del presente proyecto se empleó el marco de trabajo ágil Scrum Adaptado, dado que sus características y beneficios son apropiados, considerando el alcance del proyecto y las condiciones del equipo de desarrollo. Dentro de estas ventajas se encuentran:

- Este marco de trabajo permite entregar productos funcionales en poco tiempo, pues cada sprint se ejecuta con un enfoque claro y delimitado en el cumplimiento de los requerimientos, evitando desviaciones que puedan comprometer o retrasar el cumplimiento de los objetivos²¹.
- Otro aspecto relevante es su eficiencia operativa, al promover la división de tareas complejas en unidades pequeñas, más manejables, facilitando la administración y seguimiento de cada paso en el desarrollo²².
- De igual manera, el marco refuerza la comunicación con el cliente (Persona dentro de la organización que estipula los requerimientos de alto nivel), generando un canal bidireccional de realimentación continua que garantiza que el proyecto se alinee con las expectativas que se tienen de él²³.

²⁰HERNÁNDEZ SALAZAR, E. Y. y BELTRÁN, C. A. SCRUM: Un enfoque práctico de metodología ágil para la ingeniería de software [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/15702>.

²¹Ibid., p. 26

²²Ibid., p. 26

²³HERNÁNDEZ SALAZAR, E. Y. y BELTRÁN, C. A. SCRUM: Un enfoque práctico de metodología ágil para la ingeniería de software [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/15702>.

- Scrum es efectivo en equipos reducidos, donde la interacción diaria, la adaptabilidad y el compromiso permiten alcanzar los objetivos en plazos cortos, asegurando un desarrollo ágil, ordenado y enfocado en la mejora constante del proyecto²⁴.

Gracias a estas virtudes, a la familiaridad y al conocimiento previo del equipo en este marco, se concibe a SCRUM Adaptado como el marco de trabajo ágil apropiado para el desarrollo del presente proyecto.

3.1.5. Modelo System Usability Scale (SUS). El *System Usability Scale* (SUS) es un instrumento estandarizado creado por John Brooke en 1986, diseñado para evaluar la usabilidad percibida de sistemas interactivos, software y productos digitales.²⁵ Este cuestionario consta de diez ítems con escala tipo Likert de cinco puntos, en donde los usuarios expresan su grado de acuerdo o desacuerdo respecto a las afirmaciones relacionadas con la facilidad de uso, la consistencia, la complejidad percibida y la confianza al interactuar con el sistema.²⁶ Su principal ventaja es su simplicidad, validez y aplicabilidad a una amplia variedad de contextos tecnológicos, convirtiéndolo en uno de los instrumentos más usados para la evaluación de la experiencia de usuario ²⁷.

El System Usability Scale (SUS) ha sido ampliamente empleado en investigaciones orientadas a la evaluación de tecnologías educativas, demostrando su fiabilidad y

²⁴Ibid., p. 27

²⁵ BROOKE, John. SUS: A quick and dirty usability scale [en línea]. En: JORDAN, Patrick W.; THOMAS, Bruce; McCLELLAND, Ian Lyall y WEERDMEESTER, Bernard, eds. *Usability Evaluation in Industry*. Londres: Taylor & Francis, 1996. p. 189-194. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: https://digital.ahrq.gov/sites/default/files/docs/survey/systemusabilityscale%28sus%29_comp%5B1%5D.pdf.

²⁶ MATAS, Antonio. Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión [en línea]. En: *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 2018, vol. 20, n.º 1, p. 38-47. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>.

²⁷VLACHOGIANNI, P. y TSELIOS, N. Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS) [en línea]. 2021 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1867938>.

capacidad para proporcionar resultados consistentes en diferentes niveles educativos y tipos de sistemas. Vlachogianni y Tselios, en su revisión sistemática de más de cien estudios, evidenciaron que el SUS permite obtener una medición cuantitativa del grado de aceptación, facilidad de uso y satisfacción percibida por los usuarios frente a herramientas digitales de aprendizaje, lo que lo hace pertinente en el entorno educativo mediado por tecnologías interactivas del presente proyecto.

El modelo SUS se usó como instrumento de medición para evaluar la percepción de usabilidad del videojuego serio desarrollado en *Unity*. Los resultados obtenidos permitieron determinar la facilidad de uso y satisfacción general de los estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis, complementando los análisis cuantitativos y cualitativos de la eficacia didáctica del videojuego en la enseñanza de las normas de bioseguridad.

3.2. MARCO TECNOLÓGICO

Las bases tecnológicas corresponden al conjunto de herramientas que fueron utilizadas en el desarrollo del producto de software objetivo del proyecto. Estas herramientas apoyan distintas áreas del desarrollo del software, como pueden ser: El desarrollo de los elementos interactivos principales del videojuego serio, el manejo de versiones, el almacenamiento y gestión del código fuente, los gráficos del juego y de la interfaz y, la constitución de los componentes sonoros que soportan la inmersión del jugador en la experiencia interactiva del software final.

3.2.1. Unity. *Unity* es un motor de desarrollo multiplataforma ampliamente usado en la industria moderna de videojuegos, fungiendo como el motor de más de la mitad de los videojuegos lanzados en 2014 y de la mayoría de los videojuegos lanzados desde el año 2015 en *Steam*; plataforma de videojuegos de computador popularmente extendida²⁸. El motor permite la creación de experiencias digitales en 2D, 3D y realidad virtual (VR) mediante un entorno visual integrado con soporte para programación en C#.

Para el presente proyecto, *Unity* es especialmente apropiado debido a su simple interfaz visual para integrar gráficos, físicas, sonido e interfaces de usuario en un mismo entorno de desarrollo, facilitando la creación del producto objetivo. Su arquitectura modular y su ecosistema de herramientas integradas permiten una implementación eficiente de mecánicas de juego, gestión de escenas y control de eventos, favoreciendo la eficiencia del desarrollo y el control del flujo del usuario. Asimismo, los desarrolladores principales poseen amplia experiencia previa en el uso de esta herramienta, gracias a trabajos realizados con anterioridad.

En comparación con otros motores (como *Unreal Engine* o *Godot*) *Unity* ofrece una curva de aprendizaje más asequible, una comunidad de soporte más amplia con diversos recursos de aprendizaje, una mayor disponibilidad de recursos o *assets* y un menor consumo de recursos, lo cual representa una ventaja para el equipo pequeño de desarrollo, pues permite optimizar el tiempo, los recursos y el esfuerzo operativo sin reducir la calidad del software final.

²⁸VIDEO GAME INSIGHTS. The big game engines report of 2025 [en línea]. 2025 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://app.sensortower.com/vgi/insights/article/the-big-game-engines-report-of-2025>.

3.2.2. Git. *Git* es un sistema de control de versiones distribuido diseñado para gestionar y registrar los cambios realizados sobre el código fuente de un proyecto a lo largo del tiempo. *Git* permite el trabajo colaborativo entre varios desarrolladores, manteniendo la integridad del código y facilitando la detección y resolución de conflictos durante el desarrollo, mediante herramientas como ramas²⁹.

La pertinencia de *Git*, para este proyecto, reside en permitir al equipo llevar un control preciso de las versiones, revertir cambios en caso de errores y mantener una trazabilidad completa del desarrollo del software. Asimismo, *Git* complementa el desarrollo mediante el marco de trabajo ágil SCRUM Adaptado, dado que permite realizar integraciones continuas y mantener el producto actualizado, a lo largo de los distintos sprints, permitiendo que cada miembro del equipo trabaje de forma independiente y sincronizada, incluso en entornos remotos, lo que favorece el trabajo asíncrono y remoto. Finalmente, en comparación con otros sistemas centralizados como *SVN* o *CVS*, *Git* ofrece mayor flexibilidad, velocidad en la gestión de repositorios y mejor manejo de ramas de desarrollo (*branches*), lo cual resulta esencial en este proyecto, dada su naturaleza interactiva y colaborativa.

²⁹GITHUB. *About GitHub and Git* [en línea]. GitHub Docs, s. f. [Consultado: 9 jul 2026]. Disponible en: <https://docs.github.com/en/get-started/start-your-journey/about-github-and-git>.

3.2.3. GitHub. *GitHub* es una plataforma en la nube que ofrece hospedaje para repositorios basados en *Git*, integrando herramientas de gestión de proyectos, colaboración y automatización del flujo de trabajo. Su función principal es proporcionar un entorno centralizado donde los desarrolladores puedan almacenar, revisar y gestionar el código fuente del proyecto³⁰. *GitHub* es el articulador principal de las tecnologías del proyecto, ya que cumple un papel esencial al facilitar la colaboración en tiempo real, la integración continua y la revisión de código, lo cual es fundamental, no solo para el proceso de desarrollo ágil mediante SCRUM Adaptado, sino, también, para la dinámica principal de desarrollo dentro del equipo de trabajo.

Finalmente, frente a otras alternativas como *GitLab* o *Bitbucket*, *GitHub* se distingue por su interfaz simple, su alto nivel de integración con *Unity* y su amplia comunidad de soporte, por lo que su elección garantiza un flujo de trabajo más eficiente, estructurado y adaptable a las necesidades del equipo.

3.2.4. Inkscape. *Inkscape* es un software libre y de código abierto orientado al diseño gráfico vectorial, usado para crear ilustraciones, íconos, personajes, tipografía y elementos visuales escalables sin pérdida de calidad³¹. La utilidad principal de *Inkscape*, fue parte de la elaboración del arte visual del juego, centrándose en la creación de personajes, objetos, niveles y elementos de la interfaz gráfica cuando sea requerido (Esto es, en caso de no encontrar recursos gratuitos de terceros) procurando, en todo momento, que se mantenga una estética coherente, a lo largo del proyecto. Su formato SVG es compatible con *Unity* y permite modificar los recursos gráficos sin comprometer la resolución o el rendimiento del juego.

³⁰GITHUB. *About GitHub and Git* [en línea]. GitHub Docs, s. f. [Consultado: 9 jul 2026]. Disponible en: <https://docs.github.com/en/get-started/start-your-journey/about-github-and-git>.

³¹INKSCAPE WEBSITE DEVELOPERS. *Inkscape* [en línea]. 2024 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://www.inkscape.org/about/>.

La elección de *Inkscape* frente a otras herramientas comerciales como *Adobe Illustrator* corresponde a criterios de eficiencia y economía de recursos ya que ofrece funcionalidades similares (Sin requerir licencias costosas), es multiplataforma, tiene facilidad de integración con *Unity* y permite crear diseños complejos, a partir de elementos simples, como figuras geométricas. Por estos motivos, *Inkscape* representó una opción técnicamente robusta y económicamente viable, sin sacrificar la calidad visual del software final.

3.2.5. Cakewalk. *Cakewalk* es una estación de trabajo de audio digital (DAW) gratuita orientada a la producción, edición y mezcla de sonido que, principalmente, es útil para la creación de pistas de audio, efectos sonoros y música adaptada a las necesidades del compositor³². *Cakewalk* se consideró una herramienta práctica y económicamente accesible para el diseño de la banda sonora, los efectos ambientales y los sonidos de realimentación del juego, en caso de no encontrar opciones económicamente viables, a partir de terceros.

Cakewalk, en comparación con otros DAWs como *FL Studio* o *Ableton Live*, ofrece entornos de desarrollo similares sin costos asociados, permitiendo la implementación de audio de alta calidad y a la medida con un presupuesto reducido. Su compatibilidad con múltiples formatos de exportación y su integración con motores como *Unity* lo catalogan como una solución eficiente y a la mano para los propósitos del presente proyecto.

³²BANDLAB TECHNOLOGIES. *Cakewalk* [en línea]. s. f. [Consultado: 9 jul 2026]. Disponible en: <https://www.bandlab.com/products/cakewalk>.

3.2.6. Firebase. *Firebase* es una plataforma de desarrollo de aplicaciones utilizada en el proyecto para apoyar el almacenamiento y consulta externa de resultados. En *BioLimit* se empleó *Firebase Firestore*³³ como base de datos documental para registrar usuarios y resultados de juego, y *Firebase Hosting*³⁴ para desplegar el panel web de consulta de puntajes. Esta integración permitió que los datos generados desde *Unity* pudieran conservarse en la nube y visualizarse posteriormente desde una interfaz web.

3.2.7. Notion. *Notion* es una herramienta de organización y gestión de información que permite estructurar tableros, bases de datos, listas de tareas y documentación de proyectos.³⁵ En el presente trabajo se utilizó como tablero de gestión para registrar épicas, historias de usuario, tareas, sprints, puntos y estados de avance, apoyando la trazabilidad del desarrollo bajo SCRUM Adaptado.

3.3. MARCO HISTÓRICO

La literatura en el área ofrece una mirada positiva hacia el uso de videojuegos serios para la enseñanza, mostrando las ventajas de implementar sistemas de realimentación con misiones que ofrecen medios lúdicos e interactivos como los videojuegos, dando sentido y reforzando el objetivo del presente proyecto.

³³ GOOGLE. Cloud Firestore [en línea]. Firebase Documentation. s. f. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/firestore>.

³⁴ GOOGLE. Firebase Hosting [en línea]. Firebase Documentation. s. f. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/hosting>.

³⁵ NOTION LABS, INC. Notion Projects [en línea]. s. f. [Consultado: 9 jul 2026]. Disponible en: <https://www.notion.com/product/projects>.

3.3.1. Antecedentes de juegos serios. La literatura revisada evidencia que los videojuegos serios incorporan elementos de diseño específicos que apoyan el aprendizaje y la adherencia a comportamientos deseados dentro del ámbito de la salud. Entre estos componentes destacan los sistemas de puntos, misiones, narrativas y mecanismos de realimentación adaptativa, que contribuyen a mantener la motivación y el compromiso del usuario ³⁶. Asimismo, la documentación demuestra que técnicas como la realimentación inmediata, la planificación de metas y las recompensas no específicas permiten estructurar experiencias interactivas orientadas a reforzar la toma de decisiones seguras y repetibles, lo que las hace transferibles a diferentes áreas de la salud ^{37 38}.

Asimismo, diversos estudios reportan que la implementación de videojuegos serios en entornos educativos y de salud puede favorecer el aprendizaje y la formación de conductas seguras. Estos juegos han mostrado ser más eficaces que los métodos tradicionales, incrementando la motivación, la participación y el rendimiento académico, tanto en estudiantes como en profesionales del área ^{39 40}. Finalmente, los resultados reflejan mejoras en las habilidades cognitivas, el estado emocional y la disposición hacia el aprendizaje, proponiendo a los videojuegos serios como una herramienta tecnológica efectiva para la enseñanza y la promoción de buenas prácticas dentro del ámbito de la salud.

³⁶DAMAŠEVIČIUS, R.; MASKELIŪNAS, R. y BLAŽAUSKAS, T. Serious games and gamification in healthcare: A meta-review [en línea]. 2023 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/info14020105>.

³⁷EDWARDS, E. A. et al. Gamification for health promotion: Systematic review of behaviour change techniques in smartphone apps [en línea]. 2016 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012447>.

³⁸Op. cit., p. 33

³⁹CHIGNELL, M. et al. A serious game for clinical assessment of cognitive status: Validation study [en línea]. 2016 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/games.5006>.

⁴⁰Op. cit., p. 24

4. METODOLOGÍA

4.1. ENFOQUE METODOLÓGICO: RUP

Desde el punto de vista metodológico, se adoptó la metodología de desarrollo de software *Rational Unified Process* (RUP), que proporciona una guía sistemática para la ingeniería de software a través de plantillas, modelos y buenas prácticas⁴¹. Este enfoque se complementó con un componente de desarrollo tecnológico, que se concreta en el desarrollo de un prototipo funcional de videojuego serio en *Unity*. Este prototipo consiste en una herramienta interactiva diseñada para apoyar la adherencia a las normas de bioseguridad en el laboratorio para estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis de la UIS.

La estructura de RUP se organiza en cuatro fases fundamentales: *Inception*, donde se definen los objetivos, el alcance, los riesgos iniciales y la viabilidad del proyecto; *Elaboration*, orientada a la construcción de la arquitectura base y la mitigación de riesgos técnicos; *Construction*, centrada en la implementación y pruebas del sistema; y *Transition*, enfocada en el despliegue, realimentación del usuario y validación final. Esta organización permite gestionar la complejidad mediante iteraciones controladas, favoreciendo la reducción de riesgos, la adaptación a cambios y la entrega progresiva de producto funcional⁴².

El desarrollo se ejecutó mediante iteraciones documentadas como sprints, lo cual permitió validar riesgos técnicos, refinar requisitos y ajustar características del videojuego con base en la realimentación obtenida durante el proceso. Durante la fase de Inception

⁴¹ANWAR, A. A review of RUP [en línea]. 2014 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJSE/Volume5/Issue2/IJSE-142.pdf>.

⁴²Ibid., p. 34

se definieron las normas de bioseguridad que guiaron la narrativa y el diseño del juego serio. En la fase de Elaboration se realizó el modelado del sistema, empleando UML para estructurar la arquitectura y ciertos componentes del *gameplay*. En Construction se implementó el prototipo en *Unity*, integrando mecánicas, interfaces y recursos multimedia evaluados en cada iteración. Finalmente, en Transition se validó el videojuego en aspectos como funcionalidad, fiabilidad, rendimiento y usabilidad, esta última apoyada en intervenciones con estudiantes para identificar ajustes finales del prototipo.

Como marco de trabajo ágil, integrado bajo RUP, se usó SCRUM Adaptado, dado que facilita planificar, priorizar y construir estas iteraciones evolutivas mediante sprints, promoviendo la flexibilidad y la mejora continua⁴³. El equipo estuvo compuesto por dos programadores, por lo que los siguientes roles formales de SCRUM fueron adaptados, para asumirse por parte de los autores, quienes han sido evaluados y aprobados en el uso de SCRUM, por parte de la UIS:

- Product Owner (PO): Este rol se asumió de manera adaptada para orientar la visión del videojuego, los objetivos educativos, los contenidos de bioseguridad, las mecánicas para la adherencia y la priorización del Product Backlog. Para este proceso se contó con el apoyo temático de la docente Giovanna Rincón Cruz, como referente del área de Microbiología y Bioanálisis.
- Scrum Master (SM): Este rol se asumió de manera adaptada por el equipo de desarrollo, con el propósito de coordinar los sprints, facilitar el flujo de trabajo, aplicar buenas prácticas de desarrollo y resolver obstáculos técnicos en el entorno de *Unity*.

⁴³HERNÁNDEZ SALAZAR, E. Y. y BELTRÁN, C. A. SCRUM: Un enfoque práctico de metodología ágil para la ingeniería de software [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/15702>.

En SCRUM no existe un rol específico para realizar las pruebas, ya que son responsabilidad del equipo que construye el incremento, por tanto, los autores son los responsables de la calidad del incremento, incluyendo el diseño, programación, pruebas y documentación.

4.2. ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El desarrollo del videojuego se estructuró en cuatro fases principales, articuladas con los objetivos específicos:

Fase 1. Definición del alcance y análisis de requerimientos:

- Revisión documental de las normas de bioseguridad aplicables en laboratorios de la Escuela de Microbiología de la UIS.
- Identificación de conductas de riesgo y situaciones frecuentes en prácticas de laboratorio.
- Definición de los contenidos temáticos y escenarios que fueron representados en el videojuego
- Creación del Product Backlog inicial, que incluyó las historias de usuario y las prioridades de desarrollo

Fase 2. Diseño de la experiencia de juego:

- Elaboración del guion interactivo, estructura de niveles y sistema de puntuación.
- Definición de mecánicas y retos basados en el aprendizaje por prueba y error, promoviendo que el jugador aprenda a través de la experimentación, la corrección y la toma de decisiones seguras.
- Diseño de la interfaz y experiencia de usuario (UI/UX) en formato 2D, priorizando la claridad didáctica.

Fase 3. Implementación del prototipo en *Unity*:

- Desarrollo en *Unity*, creando el proyecto como un videojuego 2D para *Android* y *Windows*, empleando el lenguaje de programación C#.
- Programación de un sistema de evaluación interna que asigne puntajes según el cumplimiento de las normas de bioseguridad (Por ejemplo, uso correcto de elementos de protección, manejo adecuado de material biológico o desecho de residuos).
- Inclusión de gráficos, *sprites*, animaciones y efectos de sonido que refuercen los contenidos educativos.
- Ejecución de sprints de desarrollo con reuniones breves y una revisión de sprint al final de cada ciclo, para presentar avances funcionales y ajustar prioridades en el backlog.
- Pruebas técnicas de aseguramiento de calidad (QA) de forma continua en cada sprint, con el fin de identificar errores, evaluar la estabilidad del prototipo y aplicar las correcciones necesarias antes de las fases de integración y validación.

Fase 4. Validación y evaluación del prototipo:

- Aplicación de intervenciones con un grupo reducido y accesible de estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis, seleccionados de manera intencional únicamente para verificar el funcionamiento técnico del prototipo.
- Recolección de datos mediante encuestas enfocadas en usabilidad, claridad de la interfaz, calidad de la realimentación, comprensión del flujo de interacción y detección de fallas, con el fin de evaluar la experiencia técnica del usuario después de interactuar con el videojuego.
- Uso de los resultados del sistema de puntuación interna del juego como indicador complementario de desempeño, reflejando qué tan correctamente fueron ejecutadas las acciones asociadas a las normas de bioseguridad representadas en el videojuego.

Como parte del desarrollo metodológico, las fases anteriores no se ejecutaron como etapas aisladas, sino mediante sprints documentados a través de evidencias de cierre RUP + SCRUM. En cada cierre se relacionaron las fases de Inception, Elaboration, Construction y Transition con los objetivos del sprint, las actividades realizadas, los artefactos producidos, las decisiones de diseño y la validación del incremento correspondiente.

Esta documentación permitió conservar la trazabilidad entre la planeación, el diseño técnico, la implementación en *Unity* y las pruebas realizadas durante el desarrollo del prototipo. De esta manera, RUP funcionó como marco de organización metodológica, mientras que SCRUM Adaptado permitió gestionar el avance incremental del videojuego mediante ciclos cortos de trabajo. Cada sprint produjo evidencia asociada a requerimientos, diagramas, *scripts*, *prefabs*, escenas funcionales, pruebas de integración, resultados de usuario o ajustes posteriores del sistema.

Cuadro 1. Relación entre *sprints* y evidencias metodológicas RUP + SCRUM

Sprint	Periodo	Enfoque principal del incremento	Evidencia metodológica generada
Sprint 1	14/Ene/2026 – 30/Ene/2026	Implementación de mecánicas base, movimiento del jugador, cámara y flujo inicial de interacción con <i>puzzles</i> .	Matriz de trazabilidad RUP, decisiones arquitectónicas, bitácora por fase y validación inicial del incremento.
Sprint 2	10/Feb/2026 – 24/Feb/2026	Desarrollo del flujo funcional del <i>gameplay</i> , sistema de salud, temporizador, victoria, derrota y arquitectura base de <i>puzzles</i> .	Evidencia de fases RUP, definición de interfaces, contratos, componentes de UI y pruebas de integración del flujo.
Sprint 3	07/Mar/2026 – 27/Mar/2026	Desarrollo del sistema modular de <i>puzzles</i> educativos, interacción <i>drag & drop</i> , evaluación, daño, progreso y resultados.	Documentación de arquitectura modular, decisiones de diseño, patrones aplicados y validación del sistema completo de <i>puzzles</i> .
Sprint 4	13/Abr/2026 – 26/Abr/2026	Implementación y mejora de minijuegos concretos, incluyendo clasificación de residuos, calentamiento de sustancias, <i>prefabs</i> ,	Trazabilidad entre fases RUP, reglas funcionales, <i>scripts</i> , <i>prefabs</i> , pruebas funcionales y validación de minijuegos.

Sprint	Periodo	Enfoque principal del incremento	Evidencia metodológica generada
		validaciones y realimentación visual.	
Sprint 5	07/May/2026 – 20/May/2026	Implementación del repositorio de tutoriales, minijuego de EPP y pruebas con estudiantes mediante formulario SUS.	Evidencia de diseño, construcción y transición, resultados de prueba, formularios diligenciados y realimentación para mejoras.

Fuente: elaboración propia, con base en los documentos de cierre de sprint del proyecto.

La organización anterior permitió evidenciar que el desarrollo del prototipo avanzó de manera incremental, desde las mecánicas base del videojuego hasta la evaluación con estudiantes. Además, facilitó la toma de decisiones técnicas durante el proceso, al relacionar cada incremento con sprints y con resultados verificables dentro del producto software.

4.3. DISEÑO DE TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la validación del videojuego se utilizaron las siguientes técnicas:

- Encuestas de usabilidad y satisfacción: Se aplicaron al finalizar la sesión de prueba con el objetivo de evaluar la facilidad de uso, la claridad de la interfaz y la motivación generada por el videojuego. Estas encuestas se basaron en el modelo *System Usability Scale* (SUS) y se implementaron mediante formularios en línea elaborados con la herramienta *Google Forms*, lo que permitió sistematizar la recolección y el procesamiento de la información para su posterior análisis estadístico. ⁴⁴

⁴⁴ GOOGLE. Google Forms: Online Form Builder [en línea]. Google Workspace. s. f. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: <https://workspace.google.com/products/forms/>.

- Registros automáticos dentro del videojuego: El sistema de puntuación almacenó los resultados de cada jugador, reflejando su nivel de acierto en las tareas de bioseguridad.
- Observación directa: Registro cualitativo del comportamiento de los jugadores durante la sesión, identificando errores frecuentes y actitudes frente al aprendizaje por prueba y error.

4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La muestra fue intencional y compuesta por un grupo reducido de estudiantes de Microbiología y Bioanálisis, seleccionados únicamente con fines de validación técnica y de usabilidad, sin requerir que asistan a cursos específicos ni se rijan por cronogramas académicos particulares.

4.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos se analizaron de la siguiente manera:

Análisis cuantitativo:

- Evaluación del puntaje promedio generado por el sistema interno del videojuego como métrica del funcionamiento técnico del sistema de realimentación.
- Análisis de frecuencias en las encuestas de usabilidad y satisfacción.

Análisis cualitativo:

- Interpretación de las observaciones relacionadas con la interacción del usuario con la interfaz, la navegación y el flujo del juego, con el fin de identificar mejoras técnicas y de usabilidad.
- Los resultados permitieron verificar la funcionalidad del prototipo y su utilidad como herramienta complementaria, enfocándose en su operación técnica y experiencia de uso.

4.6. ASPECTOS ÉTICOS

Los formatos diligenciados por los estudiantes incluyeron la siguiente cláusula, para autorizar el manejo de sus datos personales:

“Con el ingreso al formulario usted autoriza que la información recolectada sea utilizada para fines académicos, por lo cual, se mantendrá la confidencialidad de los datos suministrados de acuerdo con la normatividad vigente, entre otras la Ley 1581 de 2012, a partir de la cual se dictan disposiciones generales para la protección de la información”.

Asimismo, también incluyó una indicación de que la participación es completamente voluntaria y que los participantes podían retirarse en el momento en que así lo quisieran o cuando lo consideraran necesario.

5. RESULTADOS

5.1. DEFINICIÓN DEL ALCANCE FUNCIONAL DEL VIDEOJUEGO SERIO

5.1.1. Normas de bioseguridad seleccionadas. La definición del contenido del videojuego serio se basó en la revisión de las diferentes normas de bioseguridad que se aplican en un laboratorio, por ello se buscaron comportamientos, actividades evaluables y realimentación inmediata que se pudieran mostrar a través de minijuegos. Por otra parte, aunque se tuvieron en cuenta reglas relacionadas con el ingreso al laboratorio, el uso de protección personal, la limpieza de zonas contaminadas, la eliminación de residuos, la manipulación de productos químicos, el lavado de manos, el transporte de materiales y el control de acceso, el prototipo se centra en las reglas que se pueden convertir en desafíos cortos, fáciles de entender y verificar en el juego.

Para la selección de las normas de bioseguridad integradas en el prototipo, se estructuró un procedimiento metodológico orientado a garantizar la validez académica del contenido y su viabilidad técnica, teniendo en cuenta los constreñimientos metodológicos del desarrollo. En primer lugar, se llevó a cabo una sesión con una especialista del área de Microbiología de la UIS, quien proporcionó una guía oficial de normas de bioseguridad vigentes aplicadas en las prácticas de laboratorio de Microbiología y Bioanálisis. Este documento constituyó el marco de referencia principal para identificar los procedimientos requeridos frecuentemente en los laboratorios (Ver Anexo H para figuras y enlaces).

Con el propósito de complementar y precisar los criterios técnicos de la guía institucional, se recurrió a la revisión del Manual de Bioseguridad en el Laboratorio elaborado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La consulta de este marco internacional permitió clarificar ciertos detalles, en cualquier momento que la duda surgiera (Véase el Anexo I).

Posteriormente, se realizó una sesión de lluvia de ideas (*Brainstorming*) orientada a traducir los principios normativos identificados en mecánicas de interacción y dinámicas de resolución de problemas representables en un entorno 2D. Las propuestas generadas se sometieron a una reorganización por prioridad que evaluó la factibilidad de implementación técnica, la criticidad de cada norma (Reforzado por el especialista), la adecuación al tiempo de desarrollo disponible y la relevancia pedagógica de las situaciones de riesgo representadas. Aquellas normas que obtuvieron una mejor mayor valoración en este análisis jerárquico fueron seleccionadas para la construcción de los minijuegos obligatorios del videojuego (Véase las Normas de Bioseguridad usadas en el Anexo H), priorizando temáticas críticas como el uso adecuado del equipo de protección personal, la gestión de derrames biológicos, la descontaminación de superficies y la correcta clasificación de residuos.

La selección se hizo teniendo en cuenta la importancia de las conductas adecuadas en el laboratorio, los riesgos cuando se incumplen y la posibilidad de que el usuario entienda claramente las mecánicas del juego. Debido a lo anterior el prototipo final abordó cuatro grupos principales de reglas: el uso correcto del equipo de protección personal, la eliminación adecuada de desechos, la limpieza de superficies o materiales contaminados y la gestión de derrames biológicos.

Cuadro 2. Normas de bioseguridad representadas en el prototipo

Grupo de normas	Conducta segura asociada	Minijuego	Representación en el prototipo
Uso de elementos de protección personal.	Usar bata, guantes, tapabocas, gafas de protección y demás barreras requeridas antes o durante la práctica.	<i>EppDressUp</i>	El jugador viste al estudiante en el orden correcto antes de iniciar la actividad de laboratorio.
Descarte de residuos.	Separar residuos ordinarios, residuos de riesgo biológico y elementos	<i>Waste Sorting Challenge</i>	El jugador clasifica guantes, tapabocas, material de laboratorio y objetos cortantes en el

Grupo de normas	Conducta segura asociada	Minijuego	Representación en el prototipo
	cortopunzantes en el recipiente correspondiente.		contenedor adecuado o en el guardián.
Descontaminación de materiales y superficies.	Aplicar el procedimiento correspondiente de desinfección o esterilización según el tipo de elemento o contaminación presente.	<i>Decontamination Protocol</i>	El jugador arrastra elementos hacia hipoclorito o autoclave, y aplica hipoclorito sobre manchas presentes en la mesa de trabajo.
Limpieza de derrames biológicos.	Atender derrames de sangre mediante una secuencia segura que incluya aplicación del agente químico, tiempo de contacto y retiro del material contaminado.	<i>BloodStain</i>	El jugador limpia una mancha de sangre siguiendo pasos ordenados: aplicar químico, esperar y retirar el material con toallas o elementos adecuados.

Fuente: elaboración propia, con base en el documento de normas de bioseguridad revisado para el diseño del videojuego.

Por consiguiente, las normas seleccionadas ayudaron a transformar los procedimientos de seguridad biológica en desafíos interactivos que incluyeron comportamientos observables y evaluables. El uso de equipos de protección personal se representó mediante actividades de preparación de los estudiantes, el proceso de gestión de residuos se transformó en mecanismos de clasificación, la eliminación de la contaminación se abordó a través de la elección adecuada de los procedimientos, y la limpieza de derrames biológicos se estructuró en pasos de acción secuenciales.

Algunas normas identificadas durante el proceso de revisión del documento no se implementaron como minijuegos independientes en la versión prototipo evaluada, debido a limitaciones de alcance, tiempo de desarrollo y prioridades funcionales. Esto abarca reglas como no ingerir productos químicos, no oler los recipientes directamente, no usar la pipeta con la boca, no calentar líquidos inflamables directamente, cubrir las heridas antes de entrar al laboratorio, recogerse el cabello, lavarse las manos antes de irse, transportar los materiales con cuidado y permitir el acceso solo al personal autorizado.

Igualmente, gracias a lo anterior, el prototipo final pudo mantener una relación directa entre las normas de bioseguridad, los comportamientos esperados y las acciones realizadas por el jugador. Esto permite que cada minijuego tenga un objetivo educativo identificable y el sistema de realimentación puede indicar claramente si las decisiones del usuario corresponden a comportamientos seguros en el laboratorio con base en una calificación que el juego le muestra al jugador.

5.1.2. Conductas de riesgo identificadas. Una vez se examinaron las normas de bioseguridad usadas como base del videojuego, se identificaron conductas de riesgo que podían ser representadas mediante situaciones interactivas dentro del prototipo. Esta especificación no constituía un diagnóstico estadístico de la población estudiantil sino una traducción de las normas revisadas en comportamientos visibles, errores frecuentes y desafíos relacionados que pudieron integrarse como decisiones jugables.

De este modo, la relación de los minijuegos implementados y los eventos operativos que el usuario debía resolver al interactuar se estructuró en función de conductas de riesgo, para lo cual se dio prioridad a comportamientos que significaran peligro; por ejemplo: la exposición directa a factores biológicos o químicos, la contaminación cruzada, los accidentes por desechos cortopunzantes, así como la presencia de residuos de contaminantes en el lugar de trabajo.

Cuadro 3. Conductas de riesgo identificadas para el diseño del prototipo

Componente de bioseguridad	Conducta de riesgo identificada	Riesgo asociado	Tratamiento dentro del videojuego
Uso de elementos de protección personal	Iniciar una práctica sin usar adecuadamente los elementos requeridos, como bata, guantes, tapabocas o gafas de protección, o usarlos de manera incompleta o en orden inadecuado.	Exposición del estudiante a agentes biológicos, sustancias químicas o material contaminado durante la práctica de laboratorio.	Se representa en el minijuego EppDressUp, en el cual el jugador debe vestir correctamente al estudiante antes de iniciar la actividad.
Descarte de residuos	Depositar guantes, tapabocas, material de laboratorio contaminado o elementos cortopunzantes en recipientes inadecuados.	Contaminación cruzada, exposición del personal a residuos de riesgo biológico y accidentes por punción o corte.	Se representa en <i>Waste_Sorting_Challenge</i> , donde el jugador clasifica residuos en basura ordinaria, riesgo biológico o contenedor Guardián.
Descontaminación de superficies y materiales	Dejar elementos o superficies contaminadas sin desinfectar, aplicar un procedimiento incorrecto o confundir el método de descontaminación requerido.	Permanencia de agentes contaminantes en el área de trabajo y aumento del riesgo de exposición para otros usuarios del laboratorio.	Se representa en <i>Decontamination_Protocol</i> , donde el jugador debe decidir si descontamina con hipoclorito, autoclave u otro procedimiento indicado por el reto.
Atención de derrames biológicos	Manipular una mancha de sangre sin seguir una secuencia segura, retirar el material contaminado sin tiempo de contacto del desinfectante o limpiar de forma incompleta.	Posible generación de salpicaduras, contaminación de superficies y contacto accidental con material biológico.	Se representa en BloodStain, donde el jugador debe aplicar el químico indicado, esperar el tiempo necesario y retirar el derrame mediante pasos ordenados.
Manipulación de material cortopunzante o vidrio contaminado	Tratar objetos cortantes o material de vidrio contaminado como residuo común, o manipularlos sin considerar el riesgo físico y biológico.	Lesiones por corte o punción y posible inoculación accidental de material contaminado.	Se integra en la lógica de clasificación de residuos y en la decisión de utilizar el contenedor Guardián cuando el elemento lo requiere.

Fuente: elaboración propia, con base en las normas de bioseguridad revisadas para el diseño del videojuego.

A partir de dichas conductas se logró estructurar un vínculo directo entre el marco normativo y la experiencia del jugador, es decir, para que el usuario aprendiera a reconocer la acción de peligro, aplicara el protocolo técnico adecuado y recibiera realimentación inmediata basada en su desempeño, los factores de riesgo se codificaron como una situación de decisión dentro del videojuego.

Adicionalmente, durante la revisión se reconocieron otras conductas relevantes para el contexto de laboratorio, tales como ingerir productos químicos, oler directamente frascos, pipetear con la boca, calentar líquidos inflamables de manera directa, ingresar con heridas sin cubrir, llevar el cabello suelto, consumir alimentos en el área de trabajo, no lavarse las manos al salir, transportar material sin cuidado o permitir el ingreso de personas no autorizadas. Estas conductas fueron consideradas dentro del alcance conceptual del proyecto, pero no se incluyeron dentro del alcance definido para el proyecto y, por tanto, no se implementaron como minijuegos independientes en la versión evaluada del prototipo, por lo que se plantean como posibilidades de ampliación para futuras iteraciones.

5.1.3. Definición de épicas e historias de usuario. La definición funcional del prototipo se organizó mediante historias de usuario registradas en el tablero de trabajo del proyecto. Esta forma de documentación fue coherente con el uso de SCRUM Adaptado, ya que permitió describir las necesidades del jugador, del sistema y del equipo de desarrollo de manera incremental, asociando cada funcionalidad con sprints, tareas, criterios de terminación y entregables. Para este proceso se utilizó *Notion* como tablero de gestión del proyecto, donde se registraron las épicas, historias de usuario, tareas asociadas, sprints, puntos y estado de avance de cada elemento funcional.

De manera complementaria, las historias de usuario fueron respaldadas por documentos de cierre de sprint organizados bajo la estructura RUP + SCRUM. En estos documentos se relacionaron las fases de Inception, Elaboration, Construction y Transition con las actividades desarrolladas, los artefactos producidos y las validaciones realizadas en cada iteración. Por tanto, las historias de usuario no solo funcionaron como una lista de requerimientos funcionales, sino como parte de una trazabilidad metodológica que permitió conectar el backlog del proyecto con las decisiones de diseño, la implementación técnica y la validación de los incrementos desarrollados.

Para esta sección se tomaron únicamente las historias registradas con estado terminado, ya que el capítulo de resultados debe presentar los artefactos efectivamente construidos durante el desarrollo del prototipo. En total, se documentaron 46 historias de usuario distribuidas en cinco sprints.

Cuadro 4. Resumen de historias de usuario registradas en *Notion*

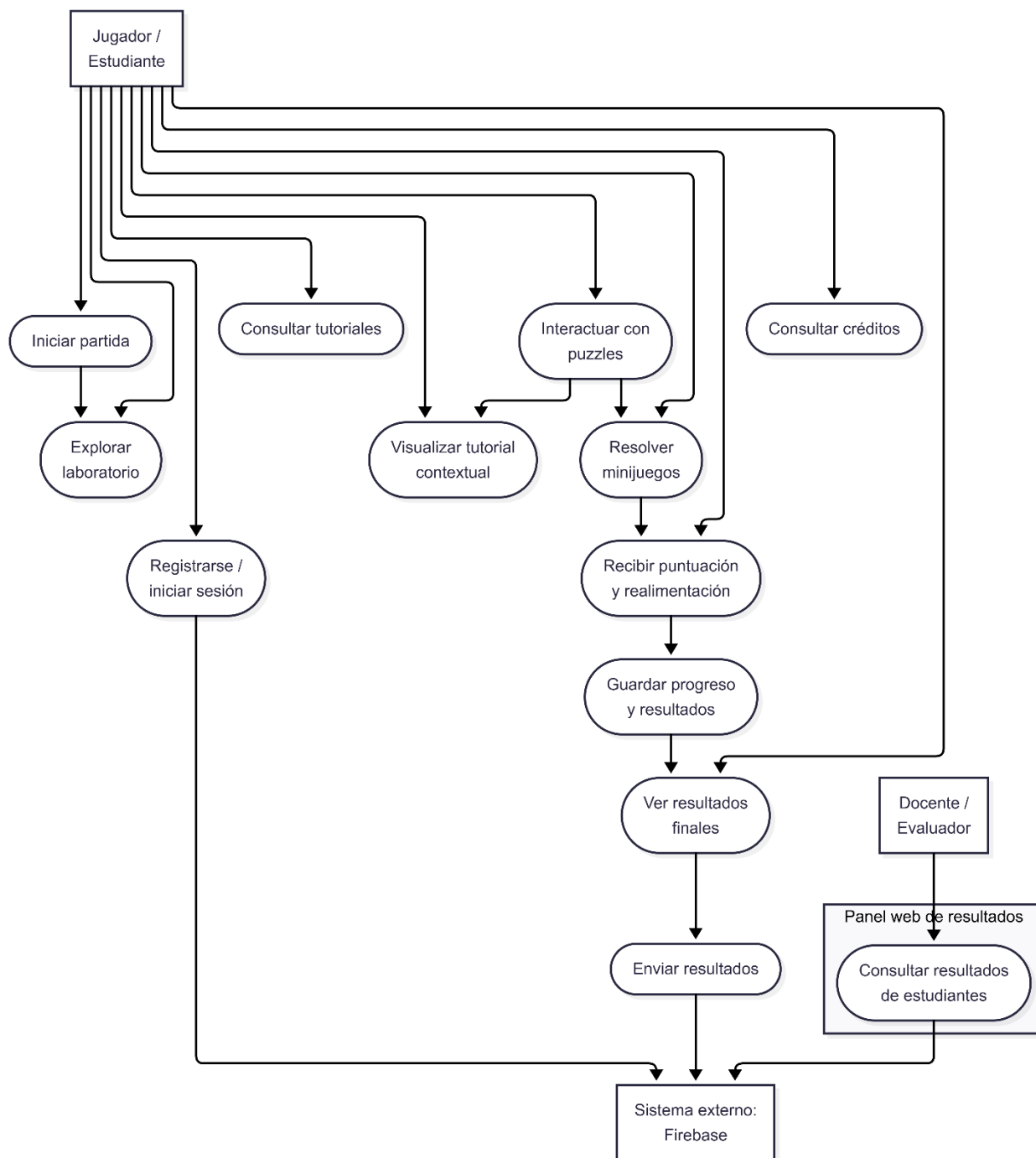
Elemento	Valor
Historias de usuario documentadas	46
Total de tareas asociadas	145
Sprints identificados	Sprint 1, Sprint 2, Sprint 3, Sprint 4, Sprint 5

Fuente: elaboración propia, con base en la exportación de historias de usuario del tablero de *Notion* del proyecto.

Las historias terminadas fueron agrupadas en épicas, entendidas como categorías funcionales de alto nivel. Esta organización facilitó la lectura del alcance del prototipo y permitió relacionar las funcionalidades implementadas con áreas concretas del videojuego, tales como exploración, interacción con *puzzles*, evaluación, persistencia, minijuegos concretos y pruebas con usuarios.

En la Figura 1 se identifican las funcionalidades principales disponibles para el jugador o estudiante, como el registro e inicio de sesión, la exploración del laboratorio, la consulta de créditos y tutoriales, la interacción con *puzzles*, la resolución de minijuegos, la recepción de puntuación y realimentación, la visualización de resultados finales y el envío de información. Asimismo, se incluye la relación del docente o evaluador con el panel web de resultados, apoyado por *Firebase* como sistema externo para el almacenamiento y consulta de datos.

Figura 1. Diagrama de casos de uso general del prototipo *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Figura 1, el jugador o estudiante participa en el flujo principal del videojuego mediante el acceso al sistema, la exploración del laboratorio y la interacción con los *puzzles* que activan los minijuegos de bioseguridad. Estos procesos se articulan con mecanismos de realimentación, almacenamiento de progreso, visualización de resultados y envío de información a *Firestore*. Por su parte, el docente o evaluador se relaciona con el sistema mediante la consulta del panel web de resultados, desde el cual puede revisar los registros generados por los estudiantes durante las partidas.

Cuadro 5. Épicas asociadas a las historias de usuario terminadas

ID	Nombre de la épica	Alcance dentro del prototipo	HU terminadas
Épica 1	Exploración y Control del Personaje	Movimiento, cámara, colisiones y límites del laboratorio.	4
Épica 2	Interacción con <i>Puzzles</i> Educativos	Activación, flujo, tutoriales, objetos interactivos, daño y minijuegos base.	20
Épica 3	Evaluación, Desempeño y <u>Realimentación</u>	Modelo cuantitativo, métricas, errores, realimentación, resultados e historial.	7
Épica 4	Gestión de Tiempo, Daño y <i>Game Over</i>	Vida, temporizador y pantalla de derrota.	3
Épica 5	Meta-progreso y Empatía con el Jugador	Pantalla final de resultados y repositorio de tutoriales desbloqueables.	2
Épica 8	Evaluación de Usabilidad con Estudiantes	Intervención con estudiantes y recolección de información mediante formulario.	1
Épica 9	Sistema de Persistencia de Datos	Control del tutorial según estado persistente del <i>puzzle</i> .	1
Épica 11	Diseño e implementación de <i>Puzzles Gameplays</i> concretos	Minijuegos concretos: BloodStain, clasificación de residuos, calentamiento y EPP.	7
Épica 12	Integración masiva de componentes y objetos	Integración de sistemas, prefabs y escena funcional.	1

Fuente: elaboración propia, con base en la exportación de historias de usuario del tablero de *Notion* del proyecto.

La consolidación completa de las historias de usuario terminadas se presenta en el Anexo A, con el fin de conservar la trazabilidad funcional del prototipo sin sobrecargar el cuerpo

principal del documento. En dicho anexo se incluyen la épica asociada, el código de cada historia, la descripción funcional, el sprint correspondiente y el valor de puntos registrado en *Notion*, el cual se conserva como referencia de prioridad y esfuerzo dentro del proceso de desarrollo.

La síntesis presentada en esta sección evidencia que el alcance funcional del prototipo no se definió como una lista aislada de requerimientos, sino como un conjunto de historias de usuario refinadas durante los sprints. Esto permitió avanzar desde las mecánicas básicas de exploración y activación de *puzzles* hasta la implementación de minijuegos concretos, sistemas de evaluación, persistencia, pantalla de resultados e intervención con estudiantes. En consecuencia, las historias de usuario constituyen uno de los principales artefactos de definición funcional del prototipo desarrollado.

5.2. DISEÑO DE LA EXPERIENCIA DE JUEGO

5.2.1. Diseño general de la experiencia. Así como puede observarse en el *Game Design Document* (GDD), donde se registran las diferentes elecciones de diseño que se plantearon (Véase Anexo G), el videojuego *BioLimit* fue diseñado como una experiencia interactiva en dos dimensiones, ambientada en un laboratorio de Microbiología y Bioanálisis, en la que el jugador controla a un personaje y recorre el escenario para identificar situaciones asociadas con normas de bioseguridad. La experiencia no se planteó como una exposición teórica de contenidos, sino como un conjunto de situaciones prácticas en las que el usuario debe observar, decidir, interactuar y recibir realimentación a partir de sus acciones.

El diseño general se organizó alrededor de un ciclo de juego breve y repetible: exploración del laboratorio, detección de un elemento interactivo, apertura del tutorial contextual cuando corresponde, resolución del minijuego, evaluación del desempeño y retorno al flujo principal. Este ciclo permite que cada norma de bioseguridad sea

representada mediante una acción concreta, de manera que el jugador pueda relacionar el contenido normativo con una decisión dentro del entorno virtual.

Desde la perspectiva de interacción, *BioLimit* combina desplazamiento libre por el laboratorio con retos puntuales de tipo *puzzle*. Durante la exploración, el jugador puede moverse por el escenario, mantener visible el entorno cercano mediante el comportamiento de la cámara y reconocer los objetos interactivables por medio de señales visuales. Al activar un *puzzle*, el sistema detiene temporalmente la exploración principal y concentra la atención del usuario en una actividad específica relacionada con el uso de elementos de protección personal, la clasificación de residuos, la descontaminación o la respuesta ante un derrame biológico.

La experiencia fue diseñada para favorecer el aprendizaje por práctica y corrección. Por esta razón, los errores del jugador no se presentan únicamente como fallos mecánicos, sino como oportunidades para reforzar el protocolo esperado. El sistema contempla aciertos, errores, penalizaciones, daño al jugador, límite de tiempo, resultados por minijuego y mensajes de realimentación. De esta forma, el videojuego busca mantener un equilibrio entre desafío, claridad y propósito educativo.

En términos de arquitectura de experiencia, el diseño se dividió en tres niveles: un nivel de exploración, donde el usuario se desplaza por el laboratorio; un nivel de interacción, donde se ejecutan los minijuegos mediante acciones como *tap*, arrastrar y soltar, selección o secuenciación; y un nivel de evaluación, donde se registran métricas de desempeño y se presenta la realimentación correspondiente. Esta separación permitió mantener una estructura modular, reutilizable y extensible para incorporar o ajustar minijuegos sin alterar el flujo general del prototipo.

Cuadro 6. Elementos principales del diseño de la experiencia *BioLimit*.

Elemento de diseño	Descripción dentro de la experiencia
Exploración del laboratorio	Permite al jugador desplazarse por el escenario, reconocer el entorno y ubicar los puntos interactivos asociados con los minijuegos.
Interacción con <i>puzzles</i>	Activa retos específicos vinculados con normas de bioseguridad, aislando temporalmente al jugador del flujo principal para centrar la atención en la tarea.
Tutorial contextual	Introduce la dinámica del <i>puzzle</i> cuando el jugador lo enfrenta por primera vez, reduciendo la confusión inicial y facilitando la comprensión de la tarea.
Realimentación inmediata	Comunica aciertos, errores o acciones inadecuadas mediante mensajes, cambios visuales y resultados posteriores al minijuego.
Evaluación del desempeño	Registra variables como puntaje, errores, pasos correctos, tiempo y resultado, con el fin de entregar una valoración del desempeño del jugador.
Consulta posterior	Permite revisar tutoriales desbloqueados para reforzar los procedimientos ya abordados durante la experiencia de juego.

Fuente: elaboración propia.

Así, el diseño general de *BioLimit* buscó que el usuario no solo completara actividades dentro del juego, sino que asociara sus decisiones con prácticas seguras de laboratorio. Por ello, la experiencia se estructuró como una secuencia de exploración, acción, consecuencia y realimentación, manteniendo una relación directa entre las mecánicas implementadas y los objetivos formativos del prototipo.

5.2.2. Estructura de minijuegos. La estructura del videojuego se organizó en minijuegos o *puzzles* independientes, cada uno asociado con una situación concreta de bioseguridad dentro del laboratorio. Esta decisión permitió convertir las normas seleccionadas en actividades breves y evaluables, donde el jugador debe ejecutar acciones relacionadas con el uso de elementos de protección personal, la clasificación de residuos, la descontaminación de materiales y la atención de derrames biológicos (Para ver la definición de minijuego o *puzzle* y la evidencia del diseño, ver Anexo G).

Cada minijuego fue diseñado como una unidad funcional dentro del sistema de *puzzles*. Aunque comparten elementos comunes, como la interacción directa, la validación de acciones, la realimentación y el registro de desempeño, cada uno conserva una lógica propia de acuerdo con el procedimiento de bioseguridad que representa. De esta forma, el diseño mantiene una relación directa entre el contenido educativo, la mecánica de juego y el resultado esperado en el usuario.

Cuadro 7. Estructura de minijuegos finales del prototipo

Minijuego	Contenido de bioseguridad asociado	Mecánica de interacción	Propósito dentro de la experiencia
EppDressUp	Uso adecuado de elementos de protección personal antes de iniciar actividades en el laboratorio.	El jugador debe seleccionar y ubicar los elementos de protección personal requeridos, siguiendo una secuencia coherente con el ingreso seguro al laboratorio.	Reforzar la preparación previa del estudiante y la importancia de utilizar barreras de protección antes de exponerse a procedimientos de laboratorio.
Waste Sorting Challenge	Clasificación de residuos ordinarios, residuos de riesgo biológico y elementos cortopunzantes.	El jugador arrastra residuos hacia el contenedor correspondiente, de acuerdo con el tipo de material y el riesgo asociado.	Fortalecer la disposición segura de residuos y disminuir errores relacionados con contaminación cruzada o manejo inadecuado de cortopunzantes.
Decontamination Protocol	Descontaminación de objetos, materiales o superficies contaminadas durante una práctica de laboratorio.	El jugador selecciona el procedimiento adecuado, como el uso de hipoclorito o autoclave, según el tipo de elemento o contaminación presentada.	Relacionar la acción de descontaminar con la selección correcta del método, el tipo de material y la condición de riesgo.
BloodStain	Respuesta secuencial ante un derrame biológico representado por una mancha de sangre.	El jugador debe seguir una secuencia de pasos para contener, desinfectar, esperar el tiempo requerido, retirar el material contaminado y finalizar la limpieza.	Reforzar que la atención de derrames biológicos requiere orden, tiempo de contacto del desinfectante, protección personal y disposición segura de residuos.

Fuente: elaboración propia, con base en las normas de bioseguridad seleccionadas y las evidencias de desarrollo del prototipo.

Como se observa en el Cuadro 7, los minijuegos finales se concentraron en conductas directamente relacionadas con el contexto de Microbiología y Bioanálisis. EppDressUp aborda la preparación del estudiante antes de ingresar al laboratorio; Waste Sorting Challenge representa la disposición de residuos; Decontamination Protocol trabaja la selección de procedimientos de descontaminación; y BloodStain desarrolla la respuesta ordenada ante un derrame biológico de sangre.

Durante el proceso de desarrollo también se exploró un minijuego de calentamiento de sustancias. Sin embargo, este no fue incluido dentro del conjunto final del prototipo, debido a que su enfoque se relacionaba principalmente con procedimientos generales de

laboratorio químico y no con las conductas priorizadas para el contexto específico de Microbiología y Bioanálisis. Por esta razón, el diseño final se concentró en los cuatro minijuegos descritos anteriormente.

Esta organización permitió mantener un alcance más coherente con los objetivos del proyecto, al priorizar situaciones frecuentes y evaluables dentro de un laboratorio de microbiología. Además, al conservar una estructura modular, los minijuegos pueden ser ajustados o ampliados en trabajos futuros sin modificar por completo el flujo principal del videojuego.

5.2.3. Flujo de navegación del jugador. El flujo de navegación del videojuego serio (Para ver el bucle principal, véase el Anexo G) fue diseñado para que el jugador alternara entre la exploración del laboratorio y la resolución de minijuegos asociados con normas de bioseguridad. Esta organización permitió que el usuario no accediera a los retos de manera aislada, sino como parte de un recorrido dentro del escenario, en el cual debía identificar elementos interactivos, aproximarse a ellos, revisar la información inicial y ejecutar las acciones solicitadas por cada minijuego.

Desde el diseño, evidenciado en el Documento de Diseño de Juego (GD, Ver Anexo G), el desplazamiento por el laboratorio se planteó como el punto de partida de la experiencia. El jugador controla un personaje dentro de un área delimitada, con una cámara vinculada a su movimiento y con restricciones que evitan salir del escenario. Esta navegación inicial cumple una función práctica, al permitir el acceso a los minijuegos, y una función contextual, al ubicar al jugador en un entorno similar al de un laboratorio.

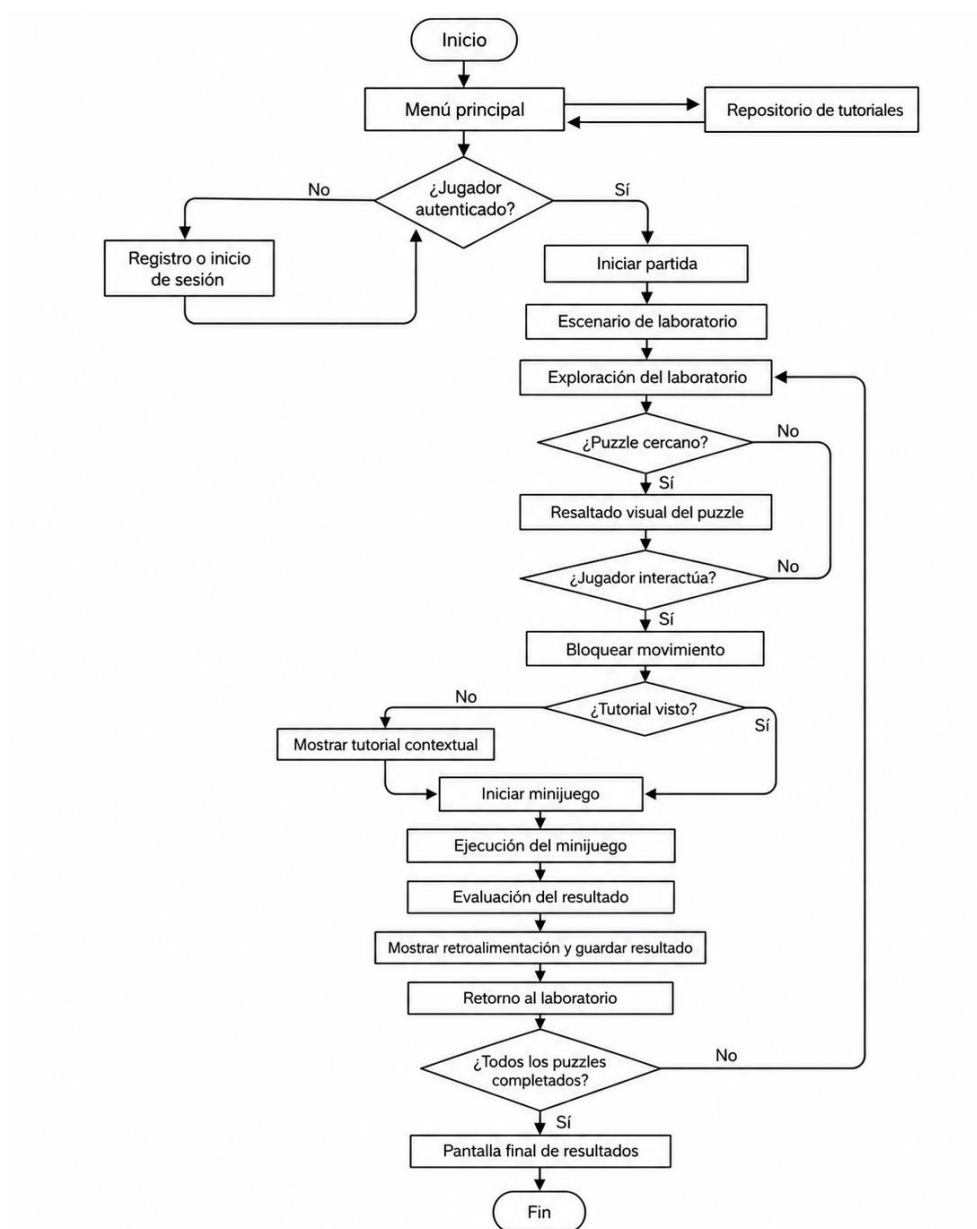
La interacción con los minijuegos se diseñó mediante objetos o zonas detectables dentro del escenario. Cuando el jugador se aproxima a un punto interactivo, el sistema resalta el elemento para indicar que puede ser activado. Al realizar la interacción, se bloquea temporalmente el movimiento del personaje y se transfiere la atención del usuario hacia

el área específica del minijuego. Este comportamiento evita que las acciones de exploración interfieran con la resolución del reto.

El flujo también incorpora tutoriales contextuales. Estos se muestran antes de iniciar un minijuego cuando corresponde, de manera que el jugador pueda comprender la mecánica y el objetivo de la actividad antes de ejecutarla. Una vez finalizado el minijuego, el sistema comunica el resultado, registra el desempeño y retorna al usuario al flujo principal del laboratorio.

La Figura 2 presenta el diagrama de flujo general definido para la navegación del jugador. Debido a la extensión horizontal del diagrama, la figura se muestra en tres tramos consecutivos para conservar la legibilidad dentro del documento.

Figura 2. Diagrama de flujo de navegación del jugador en *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 8 resume las etapas principales del flujo de navegación definido para el jugador durante una sesión de juego.

Cuadro 8. Flujo de navegación del jugador.

Etapa del flujo	Descripción
Inicio de la sesión	El jugador accede al videojuego y se carga el escenario principal del laboratorio, junto con los sistemas de control, cámara, salud, tiempo y gestión general de la partida.
Exploración del laboratorio	El jugador se desplaza por el escenario mediante los controles definidos, manteniéndose dentro de los límites del área jugable y con la cámara enfocada en su entorno cercano.
Identificación de <i>puzzles</i>	Al acercarse a una zona interactiva, el sistema activa una señal visual de resaltado que informa al jugador que puede interactuar con ese elemento.
Activación del <i>puzzle</i>	El jugador toca o selecciona el objeto interactivo. El sistema abre el minijuego correspondiente, bloquea el movimiento del personaje y pausa los elementos del flujo principal que no deben intervenir durante el reto.
Tutorial contextual	Antes de iniciar el reto, el sistema puede mostrar una explicación breve del objetivo y de la mecánica del minijuego. El jugador controla el cierre del tutorial antes de comenzar.
Ejecución del minijuego	El jugador realiza las acciones propias del reto, como arrastrar elementos, seguir una secuencia, seleccionar objetos o aplicar un procedimiento. El sistema valida aciertos, errores y condiciones de finalización.
Resultado del <i>puzzle</i>	Al finalizar el minijuego, el sistema determina si el jugador completó o falló la actividad, calcula el desempeño y muestra realimentación relacionada con las acciones realizadas.
Retorno al laboratorio	Después del resultado, se cierra el minijuego, se reactivan los sistemas pausados y el jugador vuelve al escenario principal. El <i>puzzle</i> completado no se repite dentro de la misma ejecución.
Control de progreso	El sistema actualiza el número de minijuegos completados y permite verificar el avance general de la partida antes de acceder a la condición final de victoria.
Cierre de la partida	Cuando los minijuegos requeridos han sido completados, el jugador puede finalizar la sesión y visualizar el resumen de resultados, incluyendo

Etapa del flujo	Descripción
	puntuaciones y valoración general del desempeño.
Consulta posterior	Fuera de una ejecución activa, el jugador puede acceder a los tutoriales desbloqueados para repasar procedimientos ya realizados, sin alterar la evaluación de la partida.

Fuente: elaboración propia, con base en las evidencias metodológicas RUP + SCRUM y las historias de usuario del proyecto.

Este flujo permitió integrar las mecánicas educativas dentro de una estructura de navegación consistente. En lugar de presentar cada minijuego como una actividad desconectada, el jugador avanza mediante exploración, interacción, resolución y realimentación. De esta manera, la experiencia mantiene continuidad entre el escenario principal y los retos de bioseguridad.

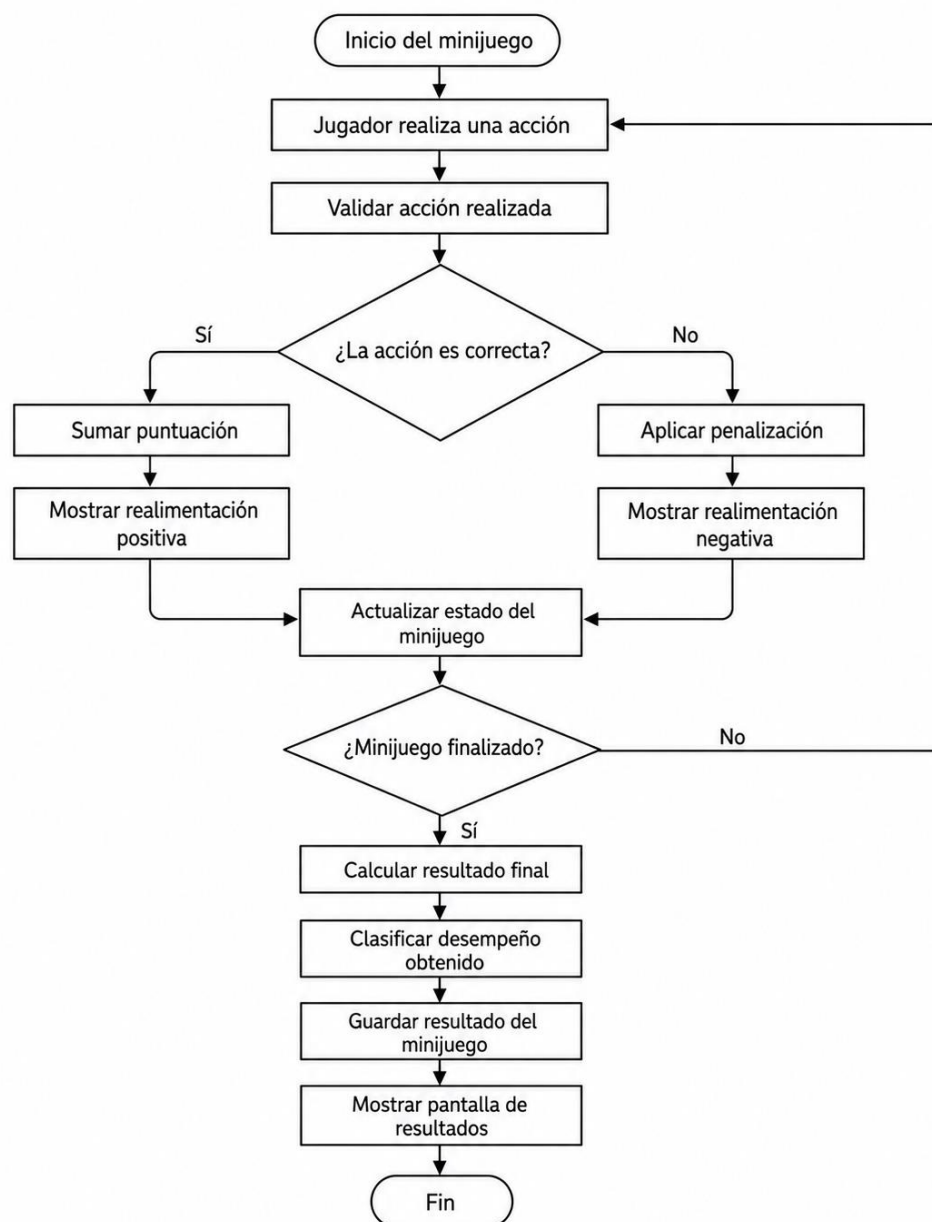
La separación entre exploración, tutorial, ejecución del minijuego, evaluación y retorno al laboratorio también favoreció la reutilización de componentes. Esta decisión permitió que nuevos minijuegos se integraran al sistema siguiendo un mismo ciclo de interacción, sin modificar de forma sustancial el flujo general de la experiencia.

5.2.4. Sistema de puntuación y realimentación. El sistema de puntuación y realimentación de *BioLimit* evalúa el desempeño del jugador dentro de cada minijuego según las acciones que realiza. Cada *puzzle* parte de un puntaje base o de un valor máximo posible, el cual se modifica durante la ejecución: Las acciones correctas aumentan o conservan la puntuación, mientras que los errores, intentos incorrectos o usos inadecuados de los elementos generan penalizaciones.

La evaluación no se limita a determinar si el jugador gana o pierde. El sistema también considera el proceso seguido para resolver cada actividad, incluyendo aciertos, errores, correcciones, orden de ejecución y cumplimiento del procedimiento esperado. De esta

manera, el jugador puede equivocarse, recibir una señal de error, corregir la acción y continuar, aunque el fallo afecta el puntaje final obtenido.

Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de puntuación y realimentación en *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Figura 3, el ciclo de evaluación inicia con la acción del jugador, continúa con la validación del sistema y genera una respuesta positiva o negativa según el caso. Posteriormente, el estado del minijuego se actualiza y, si la actividad finaliza, se calcula el resultado, se clasifica el desempeño y se guarda la información para presentarla al jugador.

Cuadro 9. Componentes del sistema de puntuación y realimentación.

Componente	Función	Evidencia en la experiencia
Validación de acciones	Compara la acción del jugador con la acción esperada en el minijuego.	Aciertos, errores, orden de pasos y selección de elementos.
Puntuación y penalización	Ajusta el puntaje según acciones correctas o incorrectas.	Suma de puntos, reducción del valor obtenible y penalizaciones.
Realimentación inmediata	Comunica si la acción fue correcta, incorrecta o incompleta.	Íconos, mensajes, cambios visuales y rechazo de objetos.
Resultado individual	Presenta el desempeño al terminar un minijuego.	Puntaje, desempeño obtenido y mejor resultado registrado.
Resultado general	Acumula los resultados de los <i>puzzles</i> para mostrar el cierre de la partida.	Pantalla final con resumen del desempeño general.

Fuente: elaboración propia.

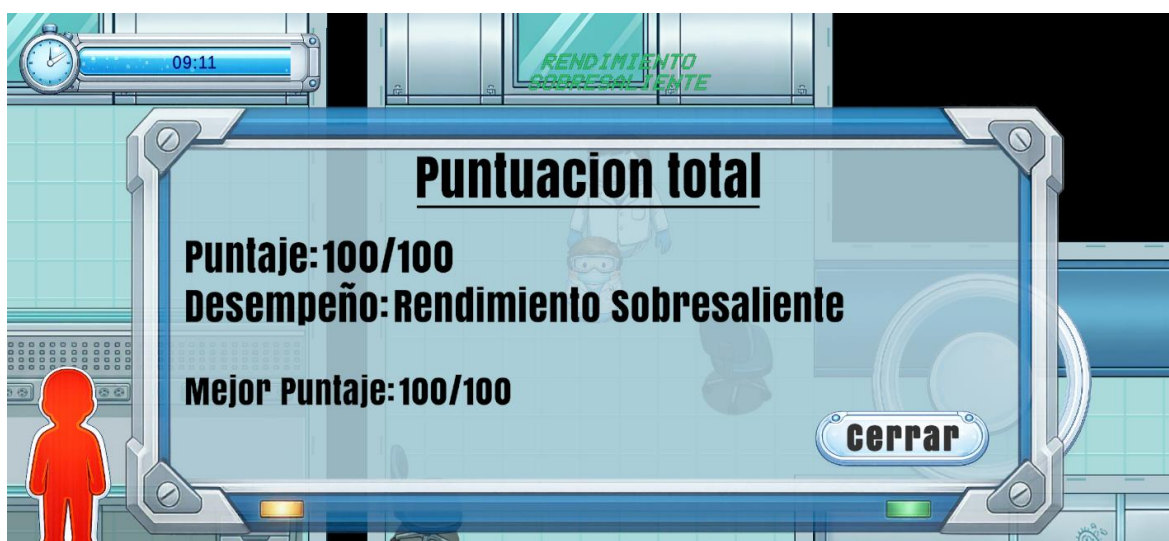
En Waste Sorting Challenge, el jugador arrastra cada residuo hacia el contenedor correspondiente. Si la clasificación es correcta, el sistema registra el acierto, suma puntos y muestra una realimentación positiva. Si el residuo se ubica en un contenedor incorrecto, se registra el error, se activa una señal negativa y disminuye el valor que puede obtenerse por ese elemento.

En Decontamination Protocol, cada elemento o mancha requiere un método de tratamiento específico, como autoclave, hipoclorito o inmersión. El sistema valida si el procedimiento seleccionado corresponde al caso presentado y aplica la puntuación o penalización respectiva. Cuando se trata de manchas fijas, la acción correcta no consiste en arrastrarlas, sino en aplicar el elemento de limpieza adecuado hasta completar el proceso.

En los minijuegos basados en secuencias, como BloodStain y EppDressUp, el jugador debe cumplir un orden específico de acciones. Cada elemento utilizado se compara con el paso esperado; si es correcto, avanza el procedimiento, se actualiza el estado visual del *puzzle* y se asignan puntos. Si la acción no corresponde, se registra un error y se muestra realimentación negativa. Cuando los errores superan el límite permitido, el *puzzle* puede considerarse fallido.

Al finalizar cada minijuego, *BioLimit* calcula el resultado obtenido y lo presenta al jugador mediante una pantalla de resultados. Esta pantalla resume el puntaje, el nivel de desempeño y la realimentación asociada, permitiendo identificar si el procedimiento fue ejecutado de forma sobresaliente, aceptable o deficiente.

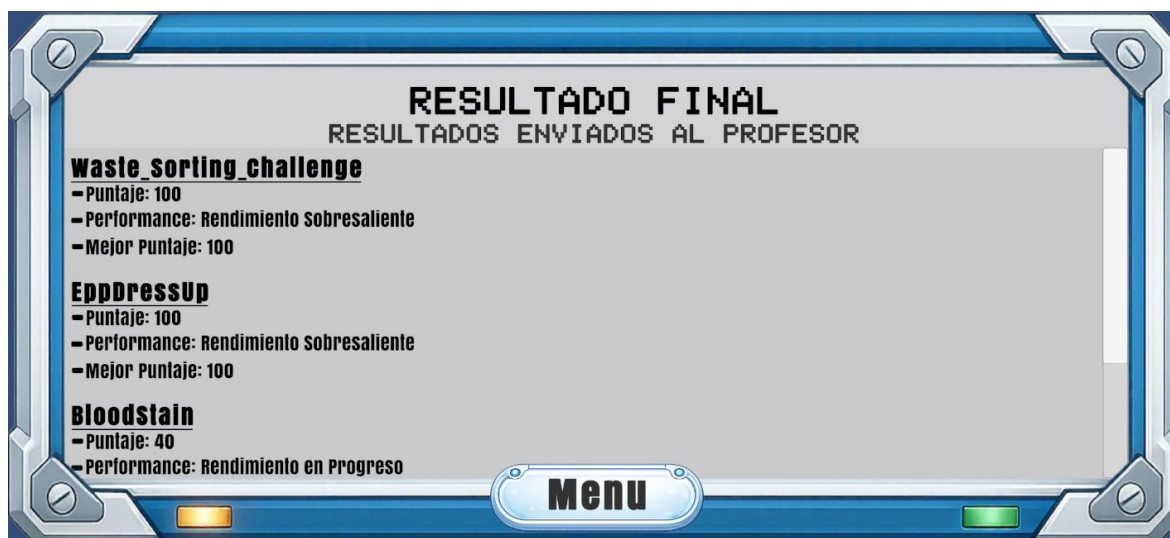
Figura 4. Pantalla de resultados de un minijuego en *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

Los resultados de los minijuegos se guardan y se acumulan para construir el desempeño general de la partida. Cuando el jugador completa todos los *puzzles* del laboratorio, el sistema muestra una pantalla final con el resumen de cada actividad, incluyendo puntajes, mejores resultados y una valoración general del desempeño alcanzado.

Figura 5. Pantalla final de resultados de *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

5.2.5. Diseño de interfaz y recursos visuales. El diseño de interfaz y recursos visuales de *BioLimit* se orientó a guiar al jugador durante todo el recorrido, desde el menú principal hasta la pantalla final de resultados. La interfaz no solo presenta botones o textos, sino que también comunica estados del juego, disponibilidad de acciones, errores, aciertos y progreso dentro del laboratorio.

Al iniciar el juego, el jugador encuentra un menú principal con opciones de registro, inicio de sesión, créditos, repositorio de tutoriales e inicio de partida. El botón para comenzar permanece bloqueado hasta que el jugador se autentica correctamente. Una vez iniciada la sesión, el botón de jugar se habilita y permite ingresar al escenario principal del laboratorio.

Figura 6. Menú principal antes del inicio de sesión.



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Menú principal con acceso habilitado a la partida.

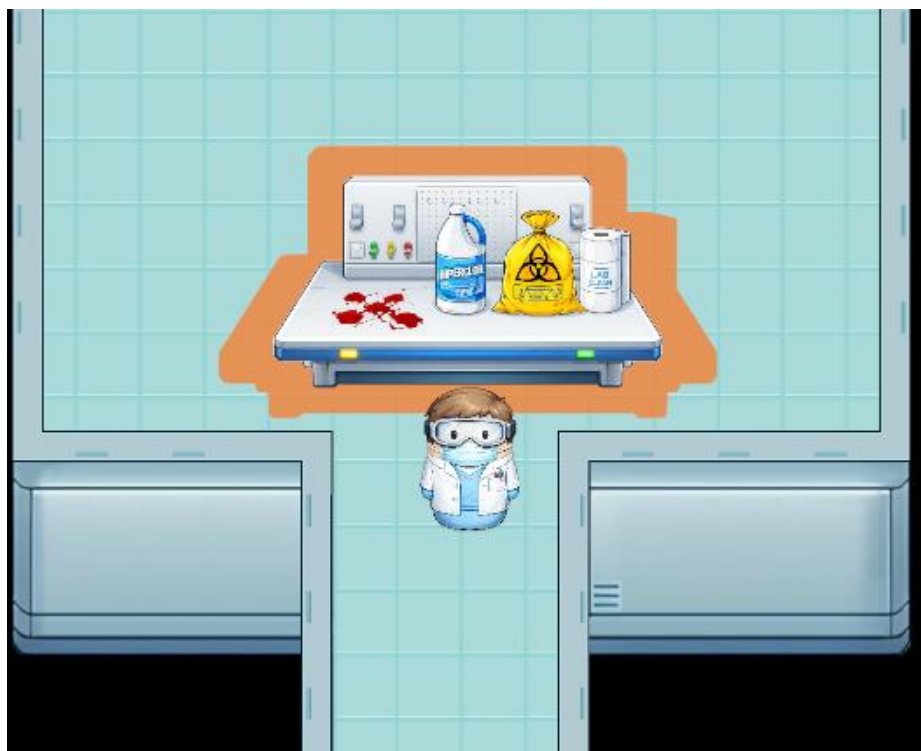


Fuente: elaboración propia.

En el laboratorio, la interfaz se integra con el entorno de juego. El jugador explora el espacio y encuentra diferentes *puzzles* distribuidos en la escena. Para indicar que un *puzzle* está disponible, se utiliza un halo visual alrededor del objeto interactivo. Este resaltado aparece cuando el jugador se acerca, generando una señal de atención que

permite reconocer el rango de interacción sin saturar la pantalla con instrucciones extensas.

Figura 8. Resaltado visual de un *puzzle* disponible para interacción.



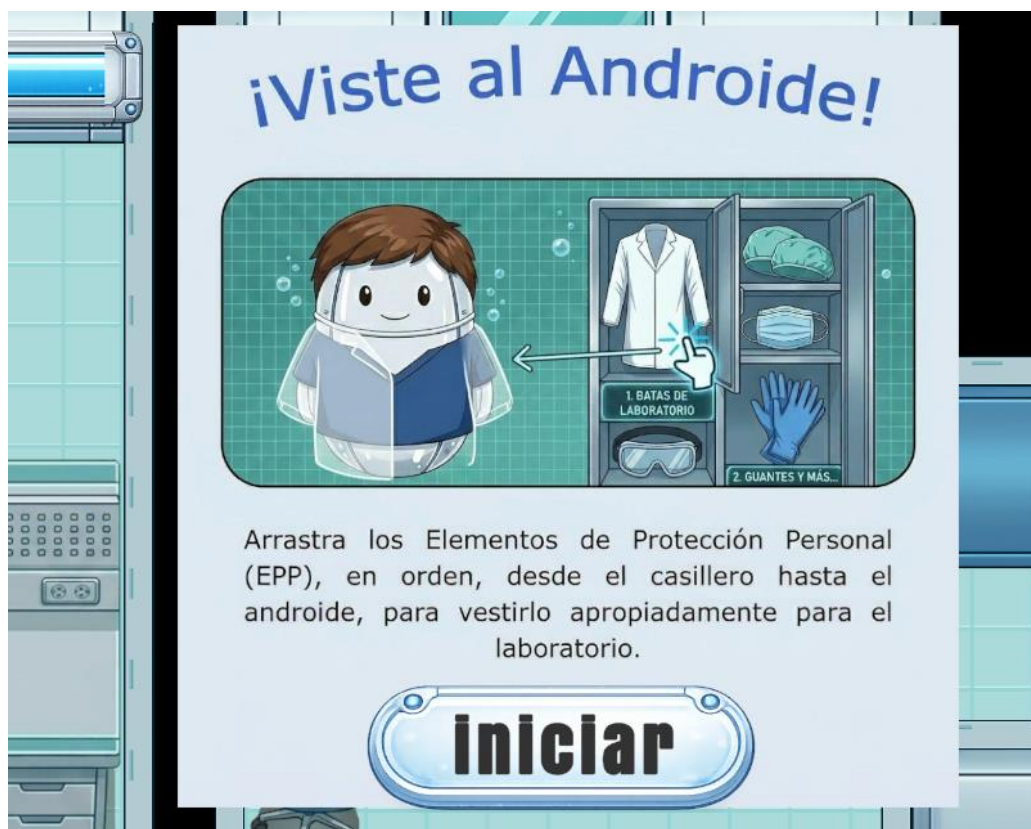
Fuente: elaboración propia.

Cuando el jugador interactúa con un *puzzle*, la interfaz cambia de estado: el movimiento del personaje se bloquea y, en la versión móvil, el joystick se oculta para evitar desplazamientos durante la resolución del minijuego. Esto concentra la atención en la actividad activa. Cada *puzzle* se presenta mediante recursos visuales propios, como fondos, elementos arrastrables, zonas de interacción, indicadores de resultado y mensajes de realimentación.

Los tutoriales forman parte del apoyo visual al aprendizaje. Si el jugador entra por primera vez a un *puzzle*, se muestra una guía contextual antes de iniciar el minijuego. Si el tutorial ya fue visto, el minijuego inicia directamente. Además, el repositorio de tutoriales permite

revisar los contenidos desbloqueados; los tutoriales disponibles se presentan como tarjetas visuales y los no disponibles permanecen ocultos o bloqueados, reforzando la idea de progreso.

Figura 9. Tutorial contextual presentado antes de un minijuego.



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Repositorio de tutoriales desbloqueables.



Fuente: elaboración propia.

Dentro de los minijuegos, los recursos visuales cumplen una función educativa y de realimentación. Los residuos, elementos de protección personal, herramientas de descontaminación y objetos de limpieza se representan mediante sprites diferenciados. Las acciones correctas activan señales positivas, mientras que los errores generan rechazo visual, mensajes, cambios de color o indicadores negativos. De esta forma, el jugador recibe una respuesta inmediata y puede relacionar sus decisiones con consecuencias visibles dentro del juego.

Cuadro 10. Recursos visuales empleados en la interfaz de *BioLimit*.

Recurso visual	Uso dentro del juego	Propósito
Menú y botones	Controlan el acceso al juego, registro, créditos y tutoriales.	Orientar la navegación inicial.
Halo de interacción	Resalta <i>puzzles</i> disponibles al acercarse el jugador.	Indicar disponibilidad de acción.
Tutoriales contextuales	Explican la mecánica antes de la primera ejecución.	Apoyar la comprensión de cada minijuego.
Sprites y zonas de interacción	Representan residuos, EPP, herramientas, manchas y contenedores.	Facilitar la identificación de objetos y acciones.
Mensajes e indicadores	Comunican aciertos, errores, progreso y resultados.	Ofrecer realimentación inmediata.

Fuente: elaboración propia.

Al finalizar cada minijuego, la interfaz muestra una pantalla de resultados con el puntaje obtenido, el desempeño y el mejor puntaje registrado. Al completar todos los *puzzles*, el juego presenta una pantalla final con el resumen visual del desempeño general. De esta manera, la interfaz de *BioLimit* combina navegación, señales visuales, recursos gráficos, animaciones y realimentación inmediata para orientar, advertir, confirmar, corregir y resumir las acciones del jugador durante la experiencia.

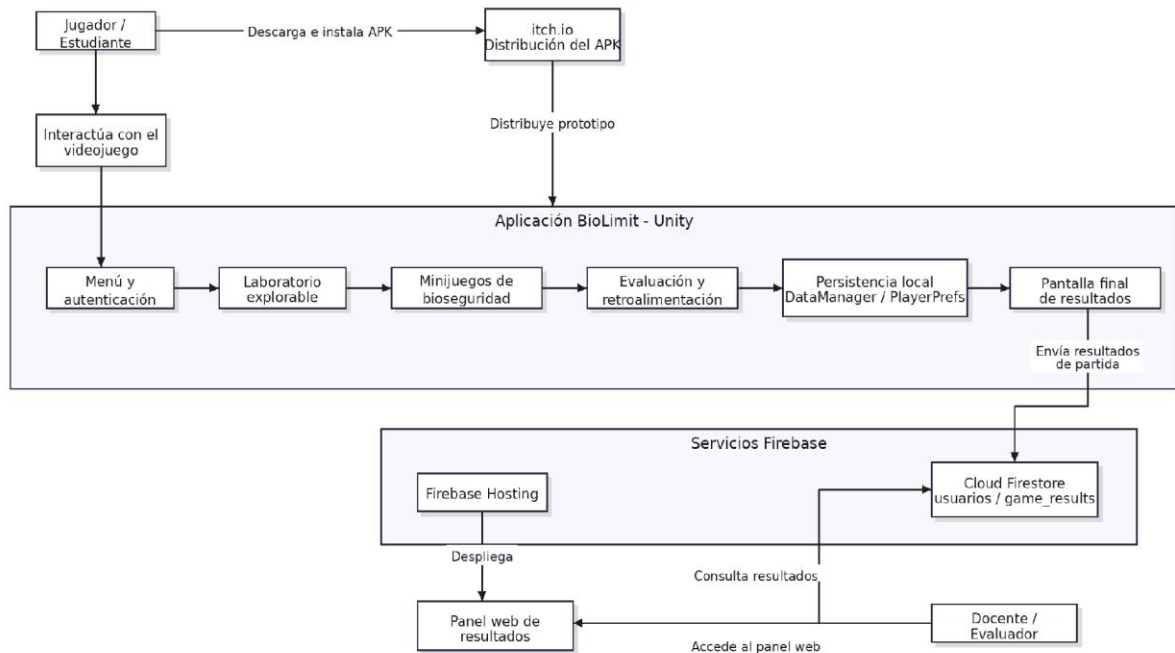
5.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO EN *UNITY*

La implementación del prototipo en *Unity* se realizó mediante incrementos funcionales documentados en los cierres de sprint del proyecto. Estos documentos permitieron relacionar las decisiones técnicas de cada iteración con los componentes finalmente implementados, tales como el sistema de movimiento, la interacción con *puzzles*, los tutoriales, la evaluación del desempeño, la persistencia de resultados, los minijuegos y las pruebas con usuarios.

Durante el proceso se aplicaron decisiones de arquitectura orientadas a mantener una estructura modular y extensible. Entre estas se encuentran el uso de interfaces para desacoplar comportamientos, la separación de responsabilidades entre lógica vista e interacción, la reutilización de prefabs, la organización de scripts por sistemas funcionales y la construcción de una base común para los minijuegos. Esta organización permitió relacionar lo planeado en los sprints con los componentes construidos en *Unity*. Por ello, los apartados siguientes describen el producto final y las principales decisiones técnicas tomadas durante el proceso de diseño, construcción, prueba y ajuste.

La Figura 11 presenta la arquitectura general del prototipo *BioLimit*, integrando los componentes principales que intervienen en la experiencia de juego, la distribución del APK, la persistencia local, el envío de resultados a *Firebase* y la consulta externa mediante el panel web de resultados.

Figura 11. Diagrama de arquitectura general del prototipo *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Figura 11, el jugador accede al prototipo mediante la instalación del APK distribuido en *itch.io*. Una vez dentro de la aplicación desarrollada en *Unity*, el sistema gestiona el menú, la exploración del laboratorio, la ejecución de minijuegos, la evaluación del desempeño y el almacenamiento temporal de datos. Al finalizar la partida, los resultados son enviados a *Cloud Firestore*, desde donde pueden ser consultados por el docente o evaluador mediante el panel web desplegado en *Firebase Hosting*.

El detalle ampliado de los componentes internos del prototipo y sus relaciones funcionales puede consultarse en el Anexo C, correspondiente al diagrama técnico detallado de *BioLimit*.

5.3.1. Configuración del espacio de trabajo en Unity. La implementación del prototipo *BioLimit* se desarrolló en *Unity* 6, versión 6000.3.2f1 (6.3 LTS). El proyecto se orientó principalmente a dispositivos móviles *Android*, ya que, por limitaciones técnicas y de tiempo, no se implementó una versión para *iPhone*, aunque también cuenta con una versión ejecutable para *Windows*. En ambos casos se trabajó con una disposición horizontal de la pantalla, con el fin de aprovechar mejor el espacio visual del laboratorio, la ubicación de los elementos interactivos y los componentes de interfaz.

El espacio de trabajo se organizó a partir de las ventanas principales del editor de *Unity*: *Hierarchy*, *Scene*, *Game*, *Inspector* y *Project*. Esta disposición permitió administrar de forma simultánea la escena activa, los objetos del laboratorio, la vista de juego, las propiedades de los componentes y la estructura general de recursos del proyecto. La escena principal del prototipo final corresponde a *GameDemo*, mientras que las escenas complementarias se organizaron en *TestMenu*, *FinalScore*, *TutorialsRepository* y *Credits*.

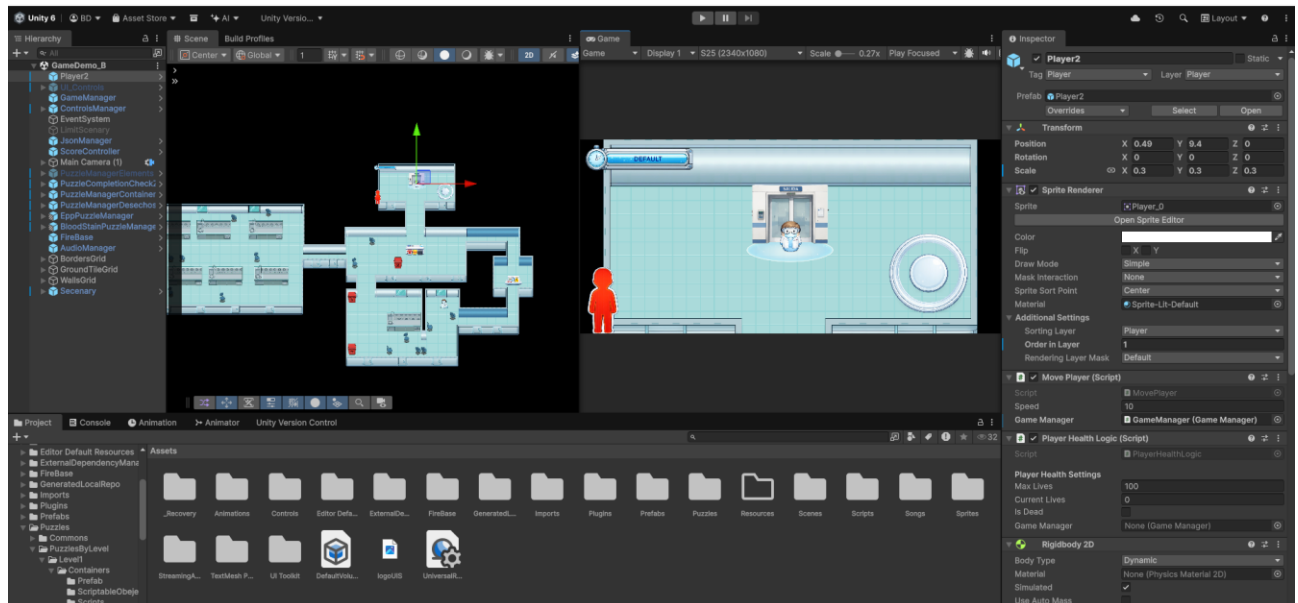
Cuadro 11. Configuración general del entorno de desarrollo de *BioLimit*

Elemento	Descripción
Motor de desarrollo	<i>Unity</i> 6
Versión	6000.3.2f1 (6.3 LTS)
Plataformas objetivo	<i>Android</i> y <i>Windows</i>
Orientación de pantalla	Horizontal (<i>landscape</i>)
Escena principal del juego	<i>GameDemo</i>
Escenas complementarias	<i>TestMenu</i> , <i>FinalScore</i> , <i>TutorialsRepository</i> y <i>Credits</i>

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la organización interna de recursos, el proyecto se estructuró en carpetas que separan escenas, *scripts*, *prefabs*, *sprites*, sonidos y recursos auxiliares. Dentro de *Assets* se identifican carpetas como *Prefabs*, *Puzzles*, *Resources*, *Scenes*, *Scripts*, *Songs* y *Sprites*, además de dependencias externas y componentes de soporte. Esta organización facilitó el mantenimiento del proyecto y la reutilización de elementos durante la implementación de los minijuegos.

Figura 12. Espacio de trabajo del proyecto *BioLimit* en *Unity*.

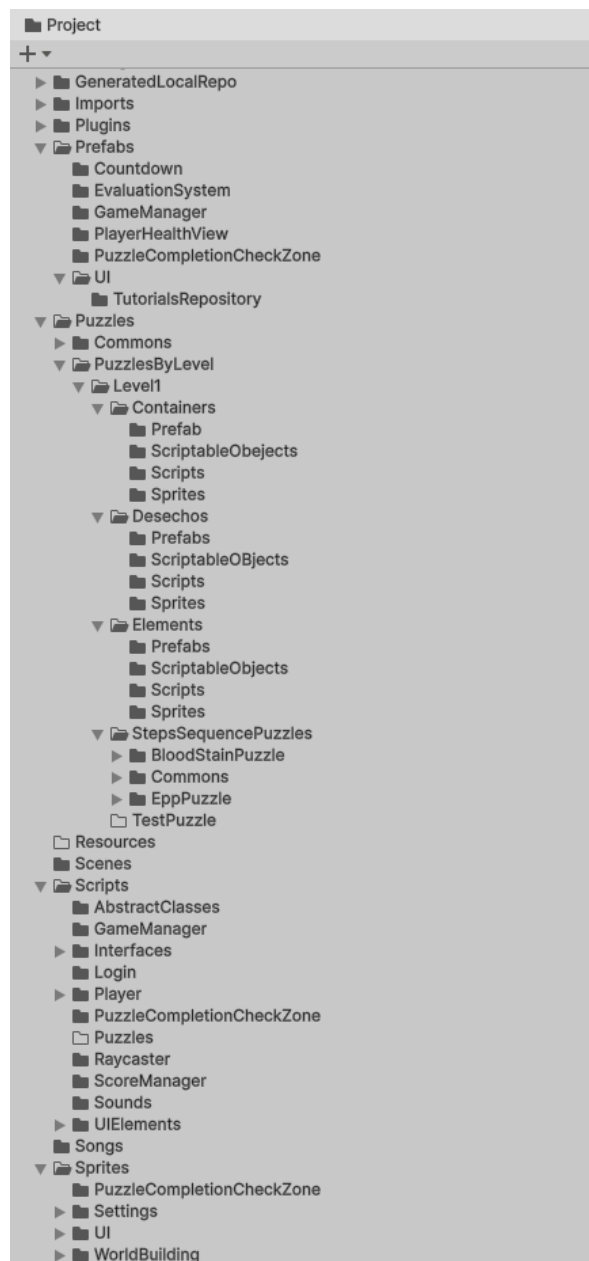


Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Figura 12, la escena *GameDemo* reúne los objetos principales del laboratorio y los componentes de control del juego, entre ellos el jugador, los administradores de *puzzles*, el controlador de puntuación, el administrador de audio y los elementos de interfaz. La vista *Scene* se utilizó para construir y ajustar el escenario, mientras que la vista *Game* permitió verificar el comportamiento visual del prototipo en resolución horizontal.

De manera complementaria, la estructura de carpetas evidencia una organización modular. La carpeta *Scripts* agrupa subcarpetas como *AbstractClasses*, *Interfaces*, *Login*, *Player*, *Puzzles*, *ScoreManager* y *UIElements*; mientras que la carpeta *Puzzles* concentra recursos comunes y materiales específicos por nivel y por tipo de actividad, tales como *Containers*, *Desechos*, *Elements* y *StepsSequencePuzzles*, donde se ubican *BloodStainPuzzle* y *EppPuzzle*. Esta separación permitió implementar funcionalidades reutilizables y mantener un orden claro entre la lógica del juego y los recursos gráficos asociados a cada minijuego.

Figura 13. Organización de carpetas y recursos del proyecto en *Unity*.



Fuente: elaboración propia.

Esta configuración del espacio de trabajo permitió integrar en un mismo proyecto las escenas de navegación, el laboratorio principal, los minijuegos, el sistema de resultados y los recursos de apoyo visual. Además, proporcionó una base técnica ordenada para

continuar con la implementación de managers, prefabs, scripts y sistemas de interacción descritos en los apartados siguientes.

5.3.2. Escenas implementadas. El prototipo *BioLimit* se organizó en diferentes escenas de *Unity* para separar las funciones de navegación, ejecución del juego, consulta de tutoriales, créditos y presentación de resultados. Esta división permitió mantener un flujo ordenado entre las pantallas principales y facilitar la integración de los sistemas desarrollados durante los *sprints*.

La escena principal del prototipo final es *GameDemo*, donde se encuentra el laboratorio, el jugador, los puntos de interacción con *puzzles* y los administradores encargados de controlar el avance de la partida. Las demás escenas cumplen funciones complementarias dentro de la experiencia: *TestMenu* permite el acceso inicial al sistema, *TutorialsRepository* permite consultar tutoriales desbloqueados, *Credits* presenta la información de créditos y *FinalScore* muestra el resultado general al completar todos los *puzzles*.

Cuadro 12. Escenas implementadas en el prototipo *BioLimit*

Escena	Función dentro del prototipo	Elementos principales
TestMenu	Pantalla inicial del videojuego. Permite iniciar sesión, registrarse, acceder a créditos, abrir el repositorio de tutoriales e iniciar la partida cuando el jugador se encuentra autenticado.	Botones de navegación, control de sesión, acceso a partida, créditos y repositorio de tutoriales.
GameDemo	Escena principal del prototipo final. Contiene el laboratorio, el jugador, el mapa explorable y los puntos de activación de los minijuegos.	Jugador, escenario de laboratorio, cámara, joystick, <i>GameManager</i> , <i>PuzzleManagers</i> , <i>ScoreController</i> , zonas de interacción y prefabs de <i>puzzles</i> .
TutorialsRepository	Escena destinada a la consulta posterior de tutoriales desbloqueados por el jugador.	Tarjetas de tutoriales, visor de contenido, imágenes explicativas y consulta al estado de progreso.

Escena	Función dentro del prototipo	Elementos principales
Credits	Escena informativa para mostrar los créditos del videojuego.	Elementos de interfaz con información del proyecto y participantes.
FinalScore	Escena de cierre de la partida. Presenta el resumen general del desempeño obtenido al completar todos los <i>puzzles</i> del laboratorio.	Puntajes por minijuego, mejor resultado registrado, valoración general y realimentación final.

Fuente: elaboración propia.

La escena TestMenu concentra el flujo de acceso inicial. En esta pantalla se presentan las opciones de autenticación y navegación general, y el inicio de partida permanece condicionado al estado de sesión del jugador. De esta manera, el menú actúa como punto de entrada hacia el laboratorio y hacia las escenas complementarias.

Figura 14. Escena *TestMenu* con sesión iniciada y acceso habilitado a la partida.



Fuente: elaboración propia.

La escena GameDemo contiene el escenario principal del videojuego. En ella se integran el laboratorio, el personaje, la cámara, los controles, los objetos interactivos y los administradores de *puzzles*. Esta escena funciona como núcleo del prototipo, ya que desde ella el jugador explora el entorno y accede a los minijuegos de bioseguridad.

Figura 15. Escena *GameDemo* con el escenario de laboratorio y los puntos de interacción.



Fuente: elaboración propia.

La escena *TutorialsRepository* se implementó como un espacio de consulta posterior. Su función es permitir que el jugador revise los tutoriales asociados a los *puzzles* que ya han sido desbloqueados durante la experiencia, separando la consulta educativa del flujo activo de la partida.

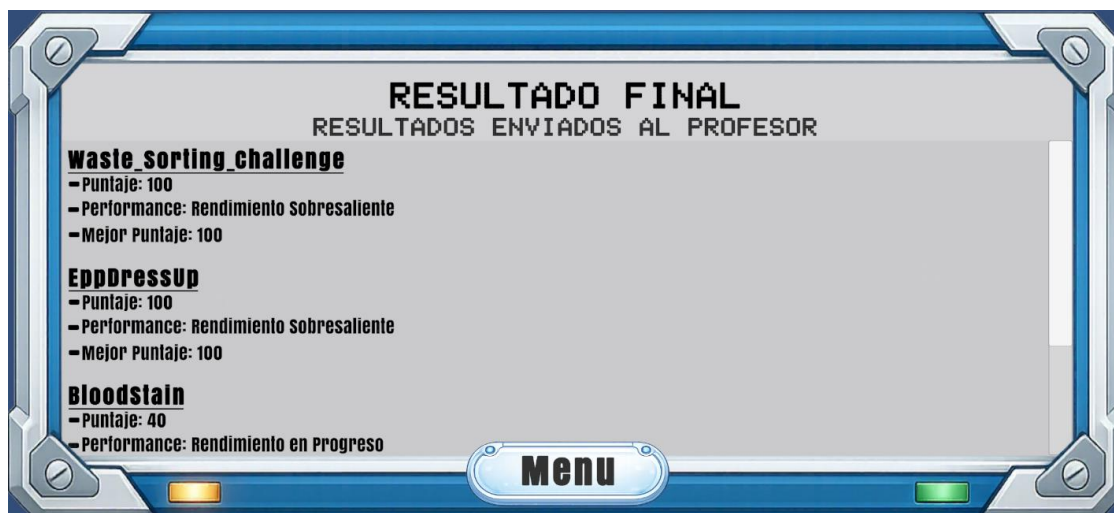
Figura 16. Escena *TutorialsRepository* con tarjetas de tutoriales desbloqueables.



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la escena *FinalScore* presenta el cierre de la partida. Esta pantalla reúne los resultados obtenidos en los minijuegos y permite al jugador revisar el desempeño general alcanzado. Con ello, el prototipo no termina únicamente al completar las actividades, sino que ofrece una síntesis visual del recorrido realizado.

Figura 17. Escena *FinalScore* con el resumen general de desempeño.



Fuente: elaboración propia.

La separación por escenas permitió organizar el prototipo en módulos visuales y funcionales diferenciados. Esta estructura facilitó el desarrollo incremental, la navegación entre pantallas y la integración de los minijuegos dentro del laboratorio principal, manteniendo cada escena con una responsabilidad clara dentro del flujo del videojuego.

5.3.3. Implementación de minijuegos. La implementación de los minijuegos de *BioLimit* se realizó sobre una estructura común de *puzzles*, de manera que cada actividad pudiera integrarse al flujo principal del laboratorio sin funcionar como una escena aislada. En este esquema, el jugador explora el escenario, interactúa con un punto disponible, recibe el tutorial correspondiente cuando aplica y ejecuta el minijuego dentro de una interfaz propia.

Los minijuegos finales implementados fueron *EppDressUp*, *Waste Sorting Challenge*, *Decontamination Protocol* y *BloodStain*. Cada uno representa una conducta de bioseguridad distinta y utiliza mecánicas de interacción directa, principalmente selección, arrastre, validación de zonas y secuencias de pasos. Aunque las reglas de cada minijuego son diferentes, todos comparten una lógica general de inicio, ejecución, evaluación, realimentación y retorno al laboratorio.

Cuadro 13. Minijuegos implementados en el prototipo final

Minijuego	Conducta representada	Mecánica principal	Resultado esperado
EppDressUp	Uso de elementos de protección personal	Selección y ubicación de EPP en orden adecuado	Verificar el uso correcto de la protección requerida antes de la práctica.
Waste Sorting Challenge	Clasificación de residuos de laboratorio	Arrastrar residuos hacia el contenedor correspondiente	Clasificar correctamente residuos comunes, biológicos y cortopunzantes.
Decontamination Protocol	Tratamiento de residuos, materiales o manchas	Seleccionar el método de descontaminación adecuado	Aplicar hipoclorito, autoclave o inmersión según el caso.
BloodStain	Respuesta ante derrames biológicos	Ejecutar una secuencia ordenada de limpieza	Seguir los pasos del protocolo de limpieza de una mancha de sangre.

Fuente: elaboración propia.

EppDressUp se implementó como un minijuego de selección y uso de elementos de protección personal. En esta actividad el jugador debe ubicar elementos como bata, guantes, gafas, careta u otros EPP según el orden definido para el procedimiento. La lógica valida cada paso, actualiza el avance del *puzzle* y muestra realimentación inmediata cuando el jugador acierta o se equivoca.

Figura 18. Interfaz del minijuego *EppDressUp*.



Fuente: elaboración propia.

Waste Sorting Challenge se implementó con objetos arrastrables y contenedores de descarte. Cada residuo posee una clasificación esperada y el sistema compara el contenedor elegido por el jugador con la categoría correspondiente. Si la acción es correcta, el residuo se procesa y se registra el acierto; si es incorrecta, el objeto se rechaza visualmente y se aplica la penalización definida.

Figura 19. Interfaz del minijuego *Waste Sorting Challenge*.



Fuente: elaboración propia.

Decontamination Protocol se implementó para representar la selección del método adecuado de tratamiento o descontaminación. El minijuego combina elementos que pueden arrastrarse hacia zonas de tratamiento con casos en los que la acción correcta consiste en aplicar directamente un recurso de limpieza sobre una mancha o superficie. Esta diferencia permite representar distintos tipos de procedimientos dentro de una misma lógica de validación.

Figura 20. Interfaz del minijuego *Decontamination Protocol*.



Fuente: elaboración propia.

BloodStain se implementó como un *puzzle* secuencial. El jugador debe ejecutar los pasos de limpieza en el orden esperado, utilizando los elementos definidos para el protocolo. Cada acción correcta actualiza el estado visual de la mancha y permite avanzar al siguiente paso; las acciones incorrectas se registran como errores y pueden llevar al fallo del *puzzle* si superan el límite permitido.

Figura 21. Interfaz del minijuego *BloodStain*.



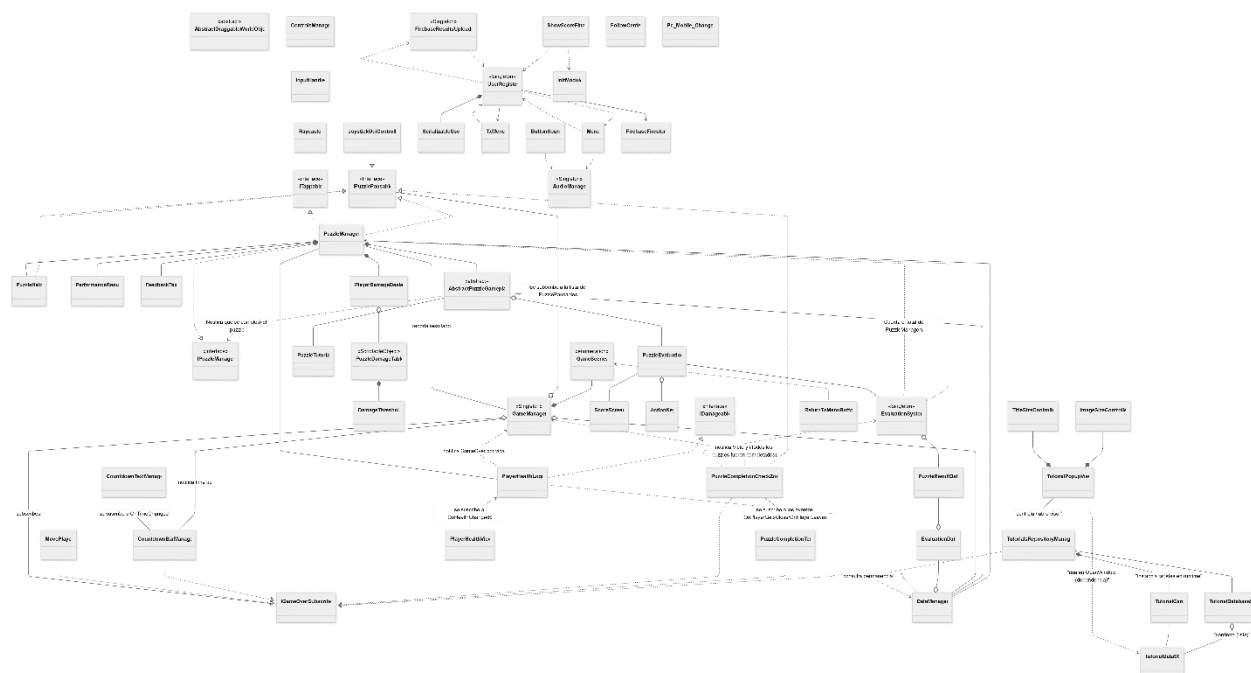
Fuente: elaboración propia.

La implementación de estos minijuegos permitió integrar mecánicas variadas dentro de una misma estructura de control. Esto facilitó la reutilización de componentes, la conexión con el sistema de puntuación y la entrega de realimentación consistente al jugador.

5.3.4. Managers, controladores y scripts principales. La implementación de *BioLimit* se apoyó en un conjunto de managers, controladores, interfaces y scripts encargados de coordinar la navegación, la interacción del jugador, el funcionamiento de los *puzzles*, la evaluación del desempeño y la persistencia de resultados. Estos componentes permitieron organizar la lógica del prototipo de forma modular, evitando que cada minijuego tuviera que repetir procesos comunes como inicio, pausa, validación, evaluación y cierre.

La Figura 22 presenta una vista resumida de las clases, interfaces y componentes principales del prototipo. El diagrama no incluye todas las clases auxiliares del proyecto, sino los elementos necesarios para comprender la organización general de la implementación y la relación entre los módulos principales. Gracias a la magnitud y volumen del proyecto, los elementos del diagrama no son fácilmente visibles en el presente documento, por lo que, una versión con mejor calidad, mayor resolución y capacidad de ampliarse puede descargarse en el siguiente enlace: [GitHub de BioLimit - Diagramas de Clase](#)

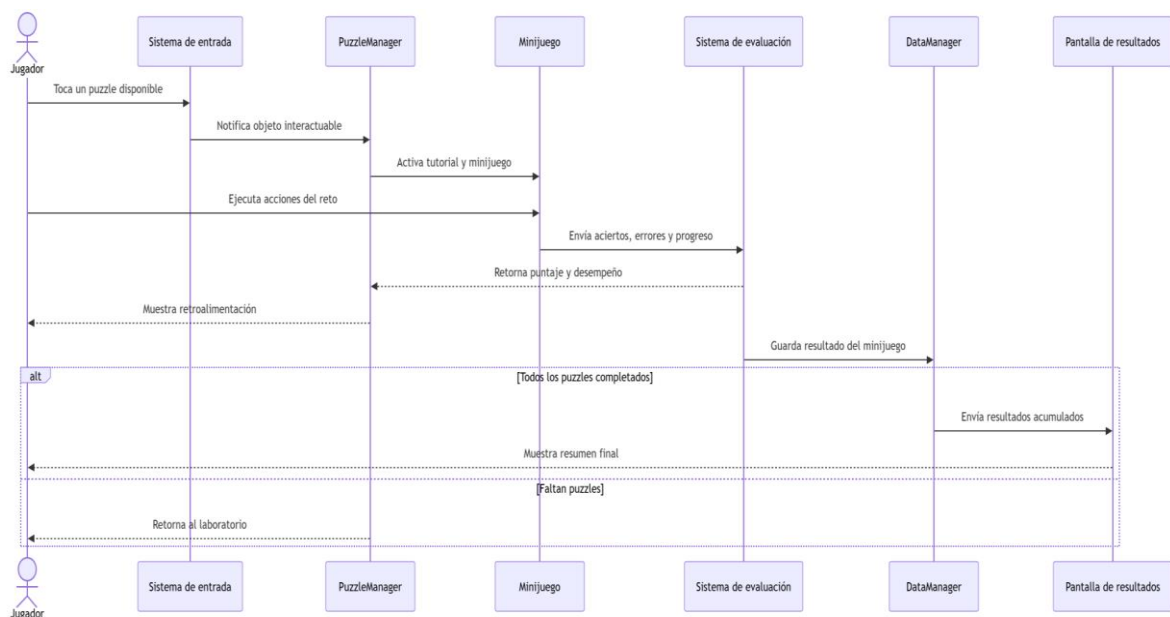
Figura 22. Diagrama resumido general de clases principales de *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

La Figura 23 (Versión en mejor calidad, descargable en el siguiente enlace: [GitHub de BioLimit – Diagrama de Secuencia completo](#)) presenta una versión resumida del diagrama de secuencia correspondiente al flujo de interacción con minijuegos en *BioLimit*. El objetivo de este diagrama es mostrar cómo los componentes principales del prototipo se comunican desde la selección de un *puzzle* hasta la evaluación, realimentación y registro del resultado obtenido por el jugador.

Figura 23. Diagrama de secuencia resumido del flujo de interacción con minijuegos en *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Figura 23, el flujo inicia cuando el jugador interactúa con un *puzzle* disponible en el laboratorio. El sistema de entrada comunica esta acción al *PuzzleManager*, el cual activa el tutorial y el minijuego correspondiente. Durante la ejecución, el sistema registra las acciones del jugador, calcula el desempeño, muestra realimentación y guarda los resultados mediante *DataManager*. Cuando todos los *puzzles* han sido completados, la información acumulada se utiliza para presentar la pantalla final de resultados.

La entrada del jugador se gestiona mediante *ControlsManager*, *InputHandler* y *Raycaster*. Esta cadena permite interpretar las acciones del usuario y detectar objetos interactivos en la escena. Los elementos que pueden responder a una interacción implementan la interfaz *ITappable*, lo que permite desacoplar la detección del toque de la lógica específica de cada objeto.

El *GameManager* funciona como controlador global del prototipo. Desde este componente se coordinan acciones generales del juego, como el cambio entre escenas, la pausa o reanudación de elementos durante los *puzzles* y la comunicación con objetos

que deben reaccionar ante eventos globales. En este grupo se relacionan componentes como *MovePlayer*, *PuzzleCompletionCheckZone* y las interfaces *IPuzzlePausable* e *IGameOverSubscriber*.

La ejecución de cada actividad se articula mediante *PuzzleManager*, que actúa como intermediario entre el escenario del laboratorio y el *gameplay* del *puzzle*. Este componente se relaciona con *PuzzleHalo* para apoyar la señal visual de interacción, con *PlayerHealthLogic* y *PlayerDamageDealer* para el manejo de daño o penalización, y con *PuzzleGameplayContainer* para activar la experiencia jugable correspondiente.

Los minijuegos comparten una estructura común mediante *AbstractPuzzleGameplay*, clase base que define operaciones generales como iniciar el *gameplay*, mostrar tutorial, finalizar con victoria o cerrar por derrota. A partir de esta base se implementan clases concretas asociadas a los minijuegos del prototipo, como *gameplayDesechos* y *SequentialProcessPuzzleGameplay*, manteniendo una organización reutilizable entre actividades.

Cuadro 14. Responsabilidades principales de los componentes de implementación.

Grupo funcional	Componentes principales	Responsabilidad
Navegación y autenticación	<i>Menu</i> , <i>UserRegister</i> , <i>GameScenes</i>	Gestionan acceso, inicio de sesión y transición entre escenas.
Entrada e interacción	<i>ControlsManager</i> , <i>InputHandler</i> , <i>Raycaster</i> , <i>ITappable</i>	Detectan acciones del jugador y objetos interactivos.
Control global del juego	<i>GameManager</i> , <i>IPuzzlePausable</i> , <i>IGameOverSubscriber</i>	Coordinan estados generales, pausa, reanudación y eventos globales.
Gestión de <i>puzzles</i>	<i>PuzzleManager</i> , <i>PuzzleHalo</i> , <i>PuzzleGameplayContainer</i> , <i>AbstractPuzzleGameplay</i>	Activan <i>puzzles</i> , tutoriales, señales visuales y lógica común de <i>gameplay</i> .
Salud y daño	<i>PlayerHealthLogic</i> , <i>PlayerDamageDealer</i> , <i>IDamageable</i>	Administran daño, penalizaciones y respuesta del jugador ante fallos.
Evaluación y persistencia	<i>PuzzleEvaluation</i> , <i>EvaluationSystem</i> , <i>DataManager</i> , <i>EvaluationData</i> , <i>PuzzleResultData</i> , <i>ShowScoreFinal</i>	Calculan resultados, guardan información y presentan el desempeño final.

Fuente: elaboración propia.

Estos componentes permitieron distribuir las responsabilidades del prototipo entre navegación, interacción, *gameplay*, evaluación y persistencia. Esta organización facilitó la integración de nuevos minijuegos y ayudó a mantener un flujo común para la ejecución, realimentación y registro de resultados dentro del sistema.

Como complemento a la descripción de los managers, controladores y scripts principales, se presentan fragmentos representativos del código fuente implementado en C# dentro del proyecto *Unity*. Estas evidencias permiten observar la correspondencia entre los componentes modelados en los diagramas técnicos, las historias de usuario documentadas durante los sprints y las clases efectivamente desarrolladas en el prototipo *BioLimit*.

Debido a la extensión del proyecto, no se incluye la totalidad del código fuente dentro del libro. En su lugar, se seleccionaron clases representativas de la arquitectura del videojuego, relacionadas con la estructura base de los minijuegos, la gestión de *puzzles*, la evaluación individual, la consolidación de resultados y la persistencia local de información. De la misma forma, el resto de componentes implementados puede evidenciarse mediante el repositorio y los artefactos de desarrollo asociados al proyecto.

La Figura 24 presenta un fragmento de la clase *AbstractPuzzleGameplay*, utilizada como base común para los minijuegos del prototipo. En el código se observan métodos relacionados con el inicio de la experiencia jugable, la ubicación del *puzzle* en pantalla, la activación de objetos visuales y la definición de operaciones abstractas para las condiciones de victoria y derrota.

Figura 24. Fragmento de código fuente de la clase *AbstractPuzzleGameplay*.

```

5 public abstract class AbstractPuzzleGameplay : MonoBehaviour
41 public void StartGameplay()
43     Vector3 inFrontOfCamera = Camera.main.transform.position;
44     inFrontOfCamera.z = 0f;
45
46     Vector3 spawnPosition = inFrontOfCamera + _spawnOffset;
47
48     Debug.Log($"<color=yellow>{GetType().Name}</color> Vamos a instanciar el fondo y los objetos");
49
50     FollowCenter followCenter = GetComponent<FollowCenter>();
51
52     if (followCenter != null)
53     {
54         followCenter.SetOffset(_spawnOffset);
55     }
56     else
57     {
58         SetGlobalPositionTo(spawnPosition);
59     }
60
61     SpawnBackground(transform.position, Quaternion.identity, transform);
62     ActivateSonObjects();
63
64     OnStartGameplay();
65
66
67 // Este metodo ubica el puzzle en una posicion global conservando su profundidad.
68 1 reference
69 protected void SetGlobalPositionTo(Vector3 worldPosition)
70 {
71     Vector3 targetWorldPosition = worldPosition;
72
73     targetWorldPosition.z = transform.position.z;
74
75     transform.position = targetWorldPosition;
76
77 }
78 // Este metodo activa los objetos hijos del puzzle al comenzar.
79 1 reference
80 protected void ActivateSonObjects()
81 {
82     foreach (Transform child in transform)
83     {
84         child.gameObject.SetActive(true);
85     }
86
87 }
88 // Este metodo instancia el fondo visual del puzzle.
89 1 reference
90 public void SpawnBackground(Vector3 position, Quaternion rotation, Transform parent)
91 {
92     Instantiate(_background, position, rotation, parent);
93
94 }
95
96 9 references
97 public abstract void Victory();
98
99 8 references
100 public abstract void Defeat();

```

Fuente: elaboración propia, con base en el código fuente del proyecto.

La Figura 25 muestra un fragmento de la clase *PuzzleManager*, encargada de conectar la exploración del laboratorio con la ejecución de cada *puzzle*. En el código se observan métodos para instanciar el *gameplay* seleccionado, decidir si se muestra el tutorial contextual o si se inicia directamente el minijuego, y registrar el cierre de la actividad.

Figura 25. Fragmento de código fuente de la clase *PuzzleManager*.

```

4 public class PuzzleManager : MonoBehaviour, IAppable, IPuzzleManager, IPuzzlePausable
64 private void PrepareScene()
66 {
67     _gameManager.SwitchIsPuzzleActive();
68     _gameManager.PuzzlePauseAll();
69 }
70 // Este metodo crea la instancia jugable del puzzle seleccionado.
71 1 reference
72 private void SpawnGameplay()
73 {
74     Instantiate(puzzleGameplayPrefab, transform)
75     .GetComponent<AbstractPuzzleGameplay>(out AbstractPuzzleGameplay puzzleGameplayOut);
76     Debug.Log("<color=green>PuzzleManager:</color> Vamos a asignar el componente PuzzleGameplay a la variable gameplay");
77     _gameplay = puzzleGameplayOut;
78     Debug.Log($"<color=green>PuzzleManager:</color> El PuzzleGameplay fue instanciado en posicion: {_gameplay.transform.position} y posicion local: {_gameplay.transform.localPosition}");
79 }
80 // Este metodo decide si se muestra el tutorial o se inicia directo el juego.
81 2 references
82 public void StartPuzzle()
83 {
84     Debug.Log($"<color=green>PuzzleManager:</color> Entrando en StartPuzzle. El valor de _gameplay es: {_gameplay}");
85     if (_gameplay.IsFirstTime())
86     {
87         _gameplay.ShowTutorial();
88     }
89     else
90     {
91         _gameplay.StartGameplay();
92     }
93 }
94 // Este metodo registra el cierre del puzzle y reanuda la exploracion.
95 2 references
96 public void CompletePuzzle(bool didPlayerWin)
97 {
98     if (puzzleAlreadyCompleted) return;
99     _gameplay._puzzleEvaluation.FinishGame(didPlayerWin);
100     PerformanceResultTx.text = _gameplay._puzzleEvaluation.getPerformance();
101     ColorUtility.TryParseHtmlString(_gameplay._puzzleEvaluation.GetColor(), out Color c);
102     PerformanceResultTx.color = c;
103     puzzleAlreadyCompleted = true;
104     isVictoryAchieved = didPlayerWin;
105     Debug.Log("Puzzle completed!");
106     if (isVictoryAchieved)
107     {
108         ExecuteVictoryLogic();
109     }
110     else
111     {
112         ExecuteDefeatLogic();
113     }
114 }

```

Fuente: elaboración propia, con base en el código fuente del proyecto.

La Figura 26 presenta un fragmento de la clase *PuzzleEvaluation*, responsable de controlar la evaluación individual dentro de cada minijuego. En el código se observan métodos para finalizar la actividad, consultar el puntaje actual, mantener el valor dentro de los límites definidos, verificar condiciones de cierre y enviar el resultado al sistema global de evaluación.

Figura 26. Fragmento de código fuente de la clase *PuzzleEvaluation*.

```

4 public class PuzzleEvaluation : MonoBehaviour
103
104 // Este metodo finaliza la evaluacion y envia el resultado al sistema global.
105 3 references
106 public void FinishGame(bool victory)
107 {
108     if (finished) return;
109     finished = true;
110     SendResultToGlobal();
111 }
112
113 // Este metodo permite devolver el puntaje actual del puzzle.
114 4 references
115 public int GetCurrentScore()
116 {
117     return currentScore;
118 }
119
120 // Este metodo mantiene el puntaje dentro de los limites definidos.
121 5 references
122 private void ClampScore()
123 {
124     currentScore = Mathf.Clamp(currentScore, minScore, maxScore);
125 }
126
127 // Este metodo revisa si el puntaje ya cumple una condicion de cierre.
128 5 references
129 private void CheckAutoEnd()
130 {
131     if (currentScore >= winScoreThreshold)
132     {
133         FinishGame(true);
134     }
135     else if (currentScore <= loseScoreThreshold)
136     {
137         FinishGame(false);
138     }
139 }
140
141 // Este metodo registra el resultado final en EvaluationSystem.
142 1 reference
143 private void SendResultToGlobal()
144 {
145     if (currentScore < 0) currentScore = 0; //mantener el minimo como 0
146     int? best = EvaluationSystem.Instance.GetBestScore(puzzleID);
147     if (!best.HasValue || best.Value < currentScore)
148     {
149         best = currentScore;
150     }
151     int bestScore = best.Value;
152     performanceFinal = EvaluationSystem.Instance.RegisterPuzzleResult(puzzleID, currentScore, maxScore, bestScore);
153     Debug.Log($"MiniGame {puzzleID} termino con {currentScore} -> {performanceFinal}");
154     ShowResults(currentScore, maxScore, bestScore);
155 }

```

Fuente: elaboración propia, con base en el código fuente del proyecto.

La Figura 27 muestra un fragmento de la clase *EvaluationSystem*, la cual centraliza los resultados obtenidos durante la partida. El código evidencia el registro o actualización del puntaje de cada *puzzle*, el cálculo del rendimiento, la comparación con mejores puntajes y el almacenamiento de los resultados finales.

Figura 27. Fragmento de código fuente de la clase *EvaluationSystem*.

```

4 public class EvaluationSystem : MonoBehaviour
39 private void Start()
41     playerId = PlayerPrefs.GetString("playerID", "");
42 }
43
44 // Este metodo registra o actualiza el resultado de un puzzle.
45 1 reference
46 public string RegisterPuzzleResult(string puzzleID, int finalScore, int maxScore, int bestScore)
47 {
48     Debug.Log($"EvaluationSystem: Registrando el resultado del puzzle: {puzzleID} \n FinalScore: {finalScore} \n maxScore: {maxScore} \n bestScore: {bestScore}");
49
50     if (puzzleFinalScores.ContainsKey(puzzleID))
51     {
52         int oldScore = puzzleFinalScores[puzzleID];
53         totalScore -= oldScore;
54
55         puzzleFinalScores[puzzleID] = finalScore;
56         totalScore += finalScore;
57
58         for (int i = 0; i < results.Count; i++)
59         {
60             if (results[i].puzzleID == puzzleID)
61             {
62                 results[i].score = finalScore;
63                 results[i].bestScore = Mathf.Max(results[i].bestScore, bestScore);
64                 results[i].performance = CalculatePerformance(finalScore, maxScore);
65                 SaveAllResults(playerID);
66                 return results[i].performance;
67             }
68         }
69
70         Debug.Log($"EvaluationSystem: Añadiendo puntajes del puzzle {puzzleID} a los resultados finales");
71         puzzleFinalScores.Add(puzzleID, finalScore);
72         totalScore += finalScore;
73         totalPerformance = CalculatePerformance(GetFinalScore(), MaxTotalScore);
74
75         Debug.Log($"EvaluationSystem: Calculando el performance del puzzle {puzzleID} con finalScore: {finalScore} y maxScore: {maxScore}");
76         string performance = CalculatePerformance(finalScore, maxScore);
77         Debug.Log($"Final Performance" + performance);
78         results.Add(new PuzzleResultData
79         {
80             puzzleID = puzzleID,
81             score = finalScore,
82             bestScore = bestScore,
83             performance = performance
84         });
85
86         Debug.Log($"Puzzle {puzzleID} registrado con {finalScore} puntos + {performance}");
87         SaveAllResults(playerID);
88
89         return performance;
90     }
91
92 // Este metodo limpia el progreso guardado en memoria para una nueva partida.
93 1 reference
94 public void ResetProgress()
95 {
96     // ...
97 }

```

Fuente: elaboración propia, con base en el código fuente del proyecto.

La Figura 28 presenta un fragmento de la clase *DataManager*, encargada de la persistencia local de la información. En el código se observan métodos para guardar y cargar evaluaciones, construir rutas de archivo asociadas al jugador y buscar resultados por identificador de *puzzle*.

Figura 28. Fragmento de código fuente de la clase *DataManager*.

```

4 public class DataManager : MonoBehaviour
43 // Este metodo guarda la evaluacion local del jugador.
2 references
44 public void SaveEvaluation(EvaluationData data, string playerId = null)
45 {
46     if (!string.IsNullOrEmpty(playerID))
47     {
48         currentPlayerID = playerId;
49     }
50     else
51     {
52         playerId = currentPlayerID;
53     }
54
55     currentData = data;
56     string json = JsonUtility.ToJson(data, true);
57     string path = GetEvaluationFilePath(playerID);
58
59     File.WriteAllText(path, json);
60     Debug.Log("Datos guardados en: " + path);
61 }
62
63 // Este metodo carga desde archivo la evaluacion del jugador.
3 references
64 private EvaluationData LoadEvaluation(string playerId = null)
65 {
66     string path = GetEvaluationFilePath(playerID);
67
68     if (!File.Exists(path))
69     {
70         return null;
71     }
72
73     string json = File.ReadAllText(path);
74     return JsonUtility.FromJson<EvaluationData>(json);
75 }
76
77 // Este metodo construye la ruta local donde se guarda la evaluacion.
2 references
78 public static string GetEvaluationFilePath(string playerId = null)
79 {
80     string id = playerId;
81
82     if (string.IsNullOrEmpty(id))
83     {
84         id = PlayerPrefs.GetString("playerID", "");
85     }
86
87     string fileName = string.IsNullOrEmpty(id) ? "evaluation.json" : $"evaluation_{id}.json";
88     return Path.Combine(Application.persistentDataPath, fileName);
89 }
90
91 // Este metodo busca el resultado de un puzzle por su identificador.
2 references
92 public PuzzleResultData GetPuzzleByID(string id)
93 {
94     Debug.Log($"<color=blue>{GetType().Name}</color> Buscando datos del puzzle con ID '{id}' en currentData. currentData es null? {currentData == null}");
95 }
96

```

Fuente: elaboración propia, con base en el código fuente del proyecto.

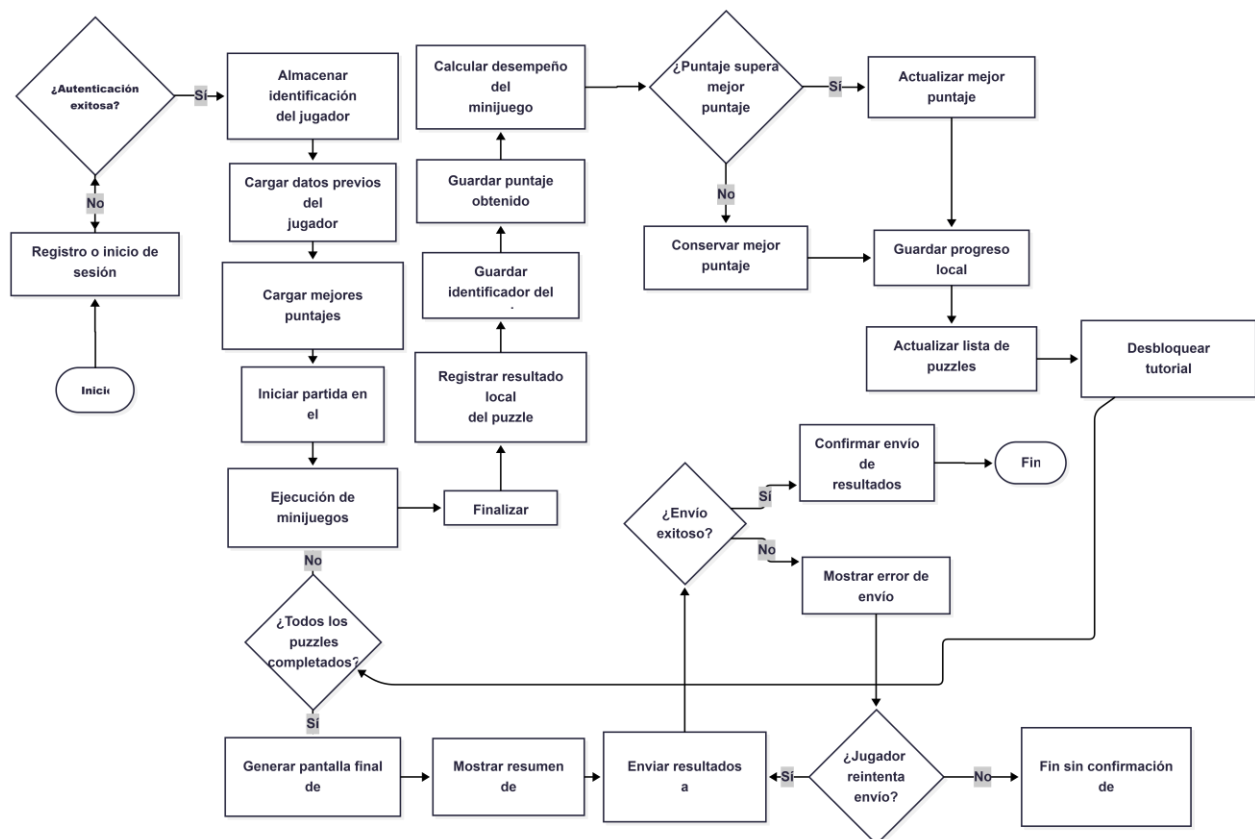
Los fragmentos anteriores evidencian que la implementación del prototipo no se limitó a la construcción visual de escenas y minijuegos, sino que también incluyó una organización técnica basada en clases, métodos, atributos, estructuras de control y responsabilidades diferenciadas. Aunque solo se presentan algunos fragmentos por razones de extensión, estos representan parte de la lógica central utilizada para articular la interacción, evaluación, progreso y persistencia dentro de *BioLimit*.

5.3.5. Persistencia y registro de resultados. La persistencia y registro de resultados en *BioLimit* permite conservar el progreso del jugador, asociar sus resultados a una cuenta y generar un registro final de desempeño al terminar la partida. Este proceso se diseñó en dos niveles: un manejo local durante la ejecución del juego y un registro externo en *Firebase* al finalizar la experiencia.

El flujo inicia en el menú principal, donde el jugador debe registrarse o iniciar sesión. Cuando la autenticación es exitosa, el sistema almacena la identificación del jugador y la utiliza como referencia para asociar los resultados posteriores. A partir de esta información se cargan datos previos, como mejores puntuajes y progreso registrado, antes de iniciar la partida en el laboratorio.

La Figura 29 resume este proceso, desde la autenticación del jugador hasta el envío de la evaluación consolidada. El diagrama también muestra la comparación con mejores puntuajes, el guardado del progreso local, el desbloqueo de tutoriales y el manejo de errores durante el envío a *Firestore*.

Figura 29. Diagrama de actividades del proceso de persistencia y registro de resultados en *BioLimit*.



Fuente: elaboración propia.

Cada vez que el jugador finaliza un minijuego, el sistema registra localmente el resultado obtenido. Este registro incluye el identificador del minijuego, el puntaje alcanzado, la clasificación del desempeño y la comparación con el mejor puntaje anterior. Si el puntaje actual es superior, se actualiza como nuevo mejor resultado; si no, se conserva el valor previo.

La información local permite consultar si un minijuego ya fue jugado, calcular el avance de la partida, actualizar la lista de minijuegos completados y desbloquear el tutorial asociado. De esta forma, la persistencia no solo almacena puntajes, sino que también soporta el control de progreso y la disponibilidad de contenidos dentro del repositorio de tutoriales.

Cuadro 15. Datos principales registrados durante el proceso de persistencia.

Dato registrado	Descripción	Momento de registro
Identificación del jugador	Permite asociar la partida y los resultados a una cuenta específica.	Inicio de sesión o registro
Identificador del minijuego	Reconoce qué actividad fue completada y permite relacionarla con su tutorial.	Al finalizar cada minijuego
Puntaje obtenido	Registra el resultado alcanzado por el jugador en el minijuego.	Al finalizar cada minijuego
Mejor puntaje	Conserva el valor más alto obtenido por el jugador en cada actividad.	Durante la comparación de resultados
Desempeño	Clasifica el resultado del jugador de acuerdo con el porcentaje o valoración obtenida.	Después de calcular el resultado
Progreso local	Indica qué minijuegos fueron completados y qué tutoriales se encuentran desbloqueados.	Durante la partida
Evaluación final	Agrupar jugador, fecha, puntaje total y lista de resultados por minijuego.	Al finalizar todos los minijuegos

Fuente: elaboración propia.

Cuando el jugador completa todos los minijuegos del laboratorio, el sistema genera la pantalla final de resultados. En esta pantalla se presenta un resumen visual con el desempeño obtenido en cada actividad, incluyendo puntajes, mejores resultados y

valoración general. Esta información funciona como cierre de la experiencia y como evidencia del rendimiento alcanzado durante la partida.

Finalmente, los resultados consolidados se envían a *Firebase*. El registro externo incluye la información general de la evaluación, el jugador, la fecha, el puntaje total y la lista de resultados por minijuego. Si ocurre un problema durante el envío, la pantalla final muestra un mensaje de error y permite reintentar el proceso, evitando que el jugador pierda la posibilidad de registrar su desempeño.

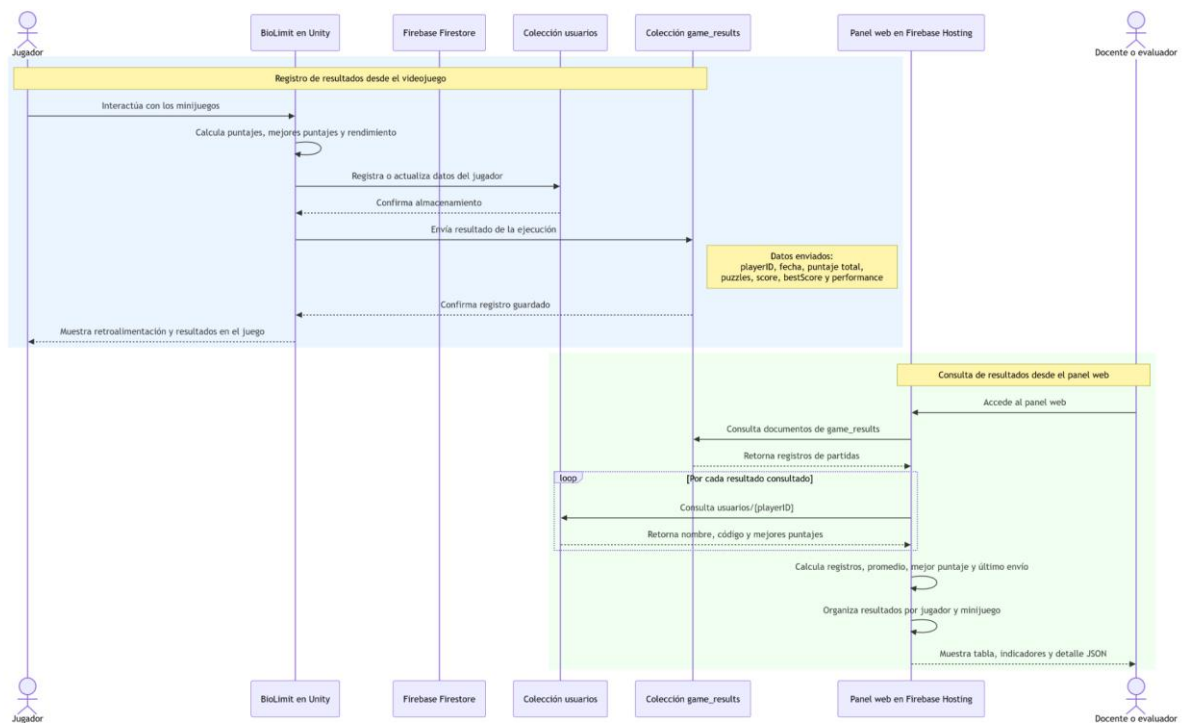
De esta forma, *BioLimit* no solo presenta los resultados al finalizar la partida, sino que también conserva el progreso del jugador, desbloquea tutoriales según su avance y guarda una evidencia externa del desempeño alcanzado.

5.3.6. Panel web de consulta de resultados. Como complemento al sistema de persistencia y envío de resultados del prototipo, se desarrolló un panel web de consulta desplegado mediante *Firebase* Hosting. Este componente permite visualizar externamente la información generada por *BioLimit* durante las partidas, de modo que los datos enviados desde *Unity* no quedan únicamente almacenados en la base de datos, sino que también pueden ser revisados desde una interfaz web orientada a su consulta.

El panel fue implementado como una aplicación web estática desarrollada con HTML, CSS y JavaScript puro, sin emplear *frameworks frontend*. Su funcionamiento se apoya en *Firebase Firestore*, servicio en el cual se almacena la información enviada desde el videojuego. La base de datos utilizada se organiza principalmente en dos colecciones: usuarios, donde se registran los datos básicos de los jugadores y sus mejores puntajes, y *game_results*, donde se conserva cada ejecución del juego con la fecha del envío, el identificador del jugador, el puntaje total y el detalle de los resultados obtenidos en cada minijuego.

La Figura 30 presenta el diagrama de secuencia correspondiente al registro y consulta de resultados del prototipo. En este flujo se observa cómo *BioLimit*, desde *Unity*, genera los resultados de cada ejecución y los almacena en *Firestore*. Posteriormente, el panel web desplegado en *Firestore Hosting* consulta la colección *game_results* y complementa la información mediante la colección usuarios, permitiendo visualizar puntajes, desempeños por minijuego e información asociada a cada jugador.

Figura 30. Diagrama de secuencia del registro y consulta de resultados en *BioLimit*.

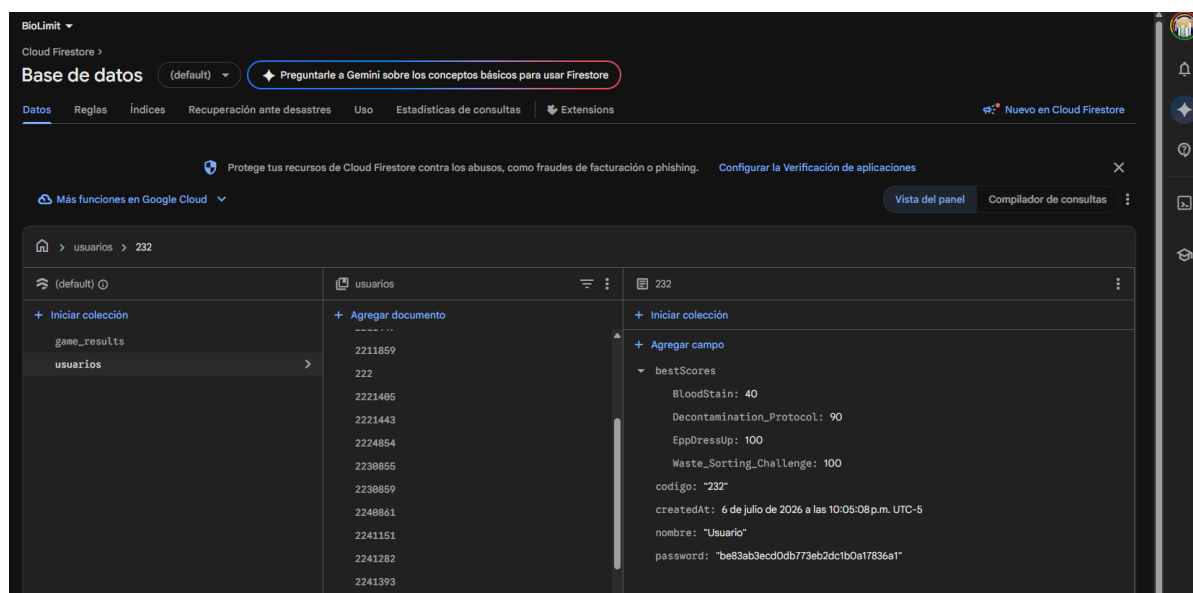


Fuente: elaboración propia.

El diagrama anterior separa dos momentos principales. El primero corresponde al registro de resultados desde el videojuego, donde el jugador interactúa con los minijuegos, *BioLimit* calcula el puntaje, el mejor puntaje y la clasificación de rendimiento, y posteriormente envía esta información a *Firestore*. El segundo momento corresponde a la consulta desde el panel web, donde el docente o evaluador accede a la página, se

recuperan los documentos almacenados en *game_results* y se consulta la información de usuarios asociada al *playerID* de cada registro.

Figura 31. Estructura de información almacenada en *Firebase Firestore* para el prototipo *BioLimit*.



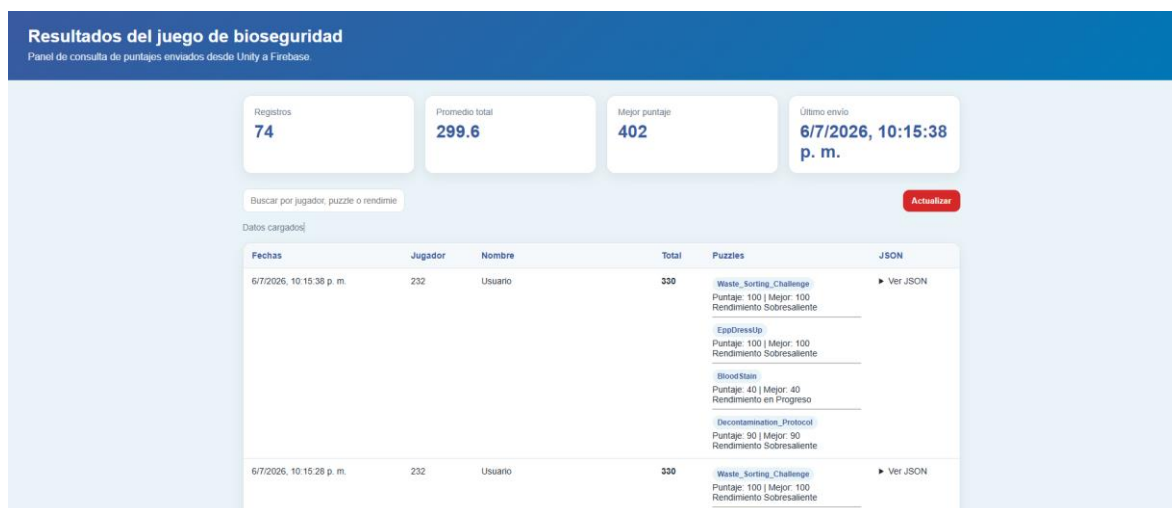
Fuente: captura propia de *Firebase Firestore*.

Como se observa en la Figura 31, *Firebase Firestore* conserva la información del prototipo mediante documentos organizados en las colecciones *usuarios* y *game_results*. En la colección *usuarios* se almacena información asociada al jugador, como el código, el nombre y los mejores puntajes alcanzados por minijuego. Por su parte, la colección *game_results* registra cada ejecución del videojuego en una estructura tipo JSON, incluyendo la fecha del envío, el identificador del jugador y el arreglo de resultados correspondientes a los minijuegos jugados. Esta organización facilita la consulta posterior de la información desde el panel web y permite mantener la trazabilidad de los resultados generados durante las pruebas.

Para presentar la información al usuario, la página consulta la colección *game_results* y, de manera complementaria, recupera desde *usuarios* el nombre asociado al *playerID*

registrado. A partir de esta lectura, el panel calcula indicadores generales y organiza los resultados en una tabla de consulta. Entre los elementos visualizados se encuentran el número total de registros, el promedio total, el mejor puntaje alcanzado y la fecha del último envío. Adicionalmente, la tabla muestra la fecha del registro, el código del jugador, el nombre registrado, el puntaje total y el detalle del desempeño por minijuego, incluyendo el puntaje obtenido, el mejor puntaje y la clasificación del rendimiento. También se incorporó una opción para visualizar el contenido *JSON* asociado a cada registro, lo que facilita la revisión técnica de la información recibida desde *Unity*.

Figura 32. Panel web de consulta de resultados enviados desde *BioLimit* a *Firebase*.



Fuente: captura propia del panel web desplegado en *Firebase Hosting*.

La implementación de este panel permitió ampliar el alcance funcional del prototipo, al incorporar un mecanismo de consulta externa de resultados. De esta manera, el sistema no solo ofrece realimentación inmediata dentro del videojuego, sino que también conserva la información en *Firebase* y la presenta en una interfaz web que facilita el seguimiento de las partidas realizadas y el análisis del desempeño alcanzado en los minijuegos.

5.3.7. Publicación del prototipo. Como parte de la implementación del prototipo, *BioLimit* fue publicado en *itch.io* con una página propia de distribución. Esta publicación permitió concentrar en un único espacio la descripción del videojuego, las capturas principales, el archivo de instalación para *Android*, las instrucciones de instalación y el acceso al formulario de experiencia aplicado a los jugadores.

La publicación se realizó como un mecanismo de distribución del prototipo, no como una versión comercial definitiva. Por esta razón, la página presenta el juego como una aplicación descargable para *Android* y conserva el estado de desarrollo del proyecto. Esta decisión permitió facilitar el acceso de los usuarios al archivo APK sin depender de una tienda oficial como Google Play.

La página de *itch.io* incluyó una descripción breve del objetivo educativo de *BioLimit* y un enlace al formulario de experiencia, con el propósito de que los participantes pudieran diligenciar la evaluación después de jugar.

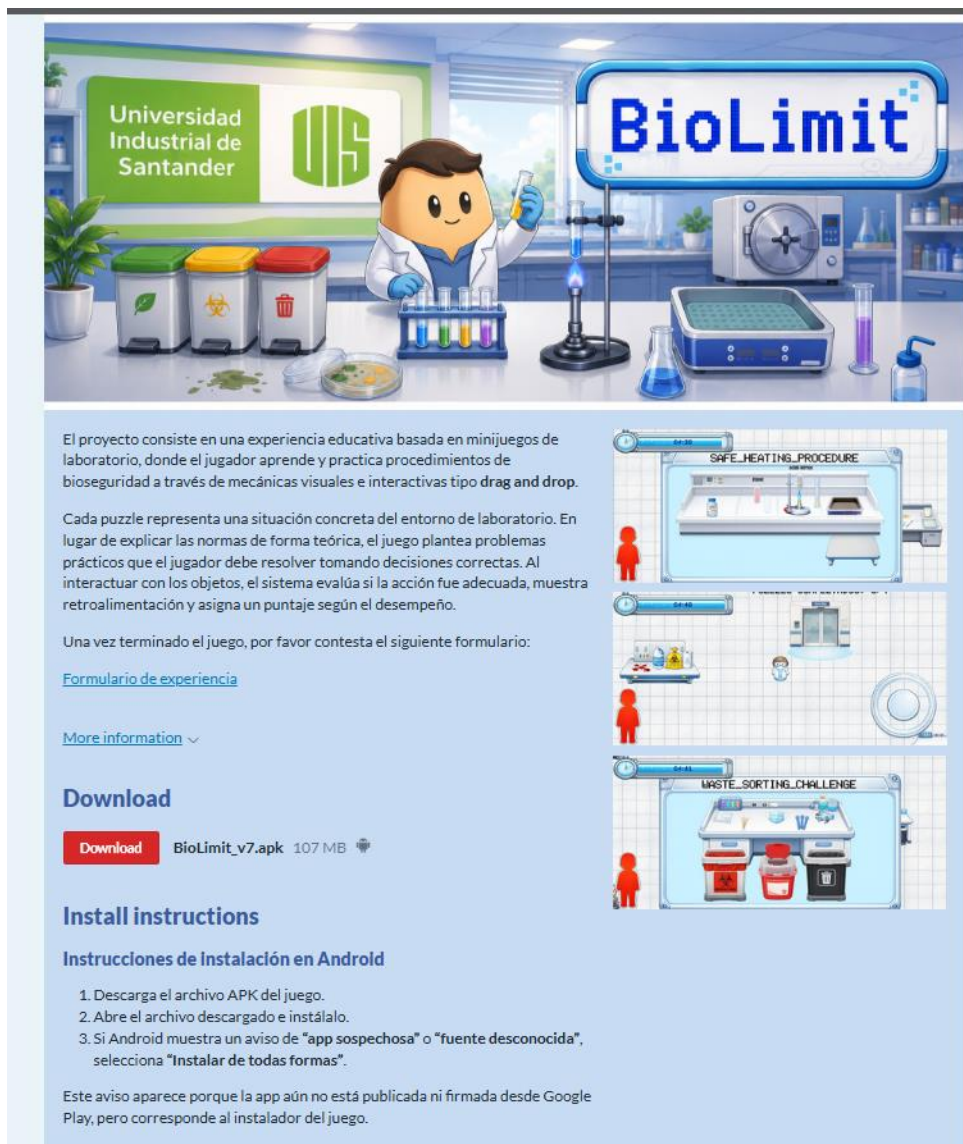
Cuadro 16. Elementos incluidos en la publicación del prototipo en *itch.io*.

Elemento	Descripción
Página del proyecto	<i>BioLimit</i> , publicado en <i>itch.io</i> por Fitman22.
Plataforma de distribución	<i>Android</i> , mediante archivo APK descargable.
Archivo publicado	<i>BioLimit_v7.apk</i> .
Tamaño del archivo	107 MB.
Contenido de la página	Descripción del juego, capturas, enlace al formulario, descarga e instrucciones de instalación.
Propósito	Facilitar el acceso al prototipo para pruebas, descarga e instalación por parte de usuarios participantes.

Fuente: elaboración propia, con base en la página pública de *BioLimit* en *itch.io*.

La Figura 33 muestra la página publicada para el prototipo, donde se presentan la identidad visual del juego, capturas de la experiencia, el enlace de descarga del APK y las instrucciones básicas de instalación en *Android*.

Figura 33. Página de publicación del prototipo *BioLimit* en *itch.io*.



Fuente: captura propia de la página pública de *BioLimit* en *itch.io*.

Las instrucciones de instalación orientan al usuario en la descarga del archivo APK, la apertura del instalador y la aceptación de la instalación en caso de que *Android* muestre una advertencia por tratarse de una aplicación no publicada en Google Play. Esta aclaración es importante porque el prototipo fue distribuido como instalador directo para fines académicos y de prueba.

La publicación en *itch.io* facilitó el acceso externo al prototipo y permitió centralizar la descarga, las instrucciones de instalación y el enlace al formulario de evaluación. Esto apoyó la etapa de pruebas con usuarios, al conectar la experiencia de juego con el proceso de recolección de realimentación.

5.4. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO CON USUARIOS

5.4.1. Diseño de la intervención con usuarios. La evaluación del prototipo *BioLimit* se realizó mediante intervenciones presenciales con estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis, desarrolladas en salones de clase durante espacios académicos del programa. En estas sesiones, los participantes instalaron el archivo APK del videojuego desde la página publicada en *itch.io*, interactuaron con el prototipo y posteriormente diligenciaron el formulario de evaluación diseñado para valorar la experiencia de uso.

La intervención tuvo como propósito recopilar información sobre la usabilidad percibida del videojuego, la claridad de sus instrucciones, la comprensión del flujo de interacción y la percepción de utilidad del prototipo como apoyo para reforzar conceptos relacionados con normas de bioseguridad. Por tanto, la actividad se planteó como una validación técnica y de usabilidad del producto software, y no como una medición concluyente del aprendizaje ni de la adherencia real a las normas en un laboratorio físico.

Las pruebas se realizaron en tres jornadas diferentes, cada una asociada con una versión del prototipo. Después de cada jornada se revisaron las respuestas obtenidas y las observaciones realizadas durante la interacción, con el fin de incorporar ajustes en la versión siguiente. Los autores acompañaron y supervisaron presencialmente las sesiones, explicando el objetivo de la actividad, el acceso al prototipo y el diligenciamiento del formulario. La duración aproximada de la interacción fue de cinco minutos por estudiante, aunque podía variar según el ritmo de instalación, exploración y respuesta del instrumento.

De manera complementaria, el prototipo contó con revisión y acompañamiento de docentes del área de Ingeniería de Sistemas y de Microbiología, cuyos aportes permitieron valorar aspectos técnicos, académicos y de pertinencia temática durante el proceso de desarrollo y ajuste del videojuego.

Cuadro 17. Diseño general de la intervención con usuarios

Elemento	Descripción
Modalidad de aplicación	Presencial.
Lugar de aplicación	Salones de clase del programa de Microbiología y Bioanálisis.
Población participante	Estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis.
Medio de acceso al prototipo	Página del videojuego en <i>itch.io</i> , mediante descarga e instalación del archivo APK para <i>Android</i> .
Actividad realizada	Instalación del prototipo, interacción con los minijuegos disponibles y diligenciamiento del formulario de evaluación.
Duración aproximada	Cinco minutos por estudiante, con variaciones según instalación, exploración y respuesta del instrumento.
Acompañamiento	Supervisión presencial por parte de los autores del proyecto durante la aplicación de las pruebas.
Alcance de la evaluación	Validación técnica y de usabilidad del prototipo; no corresponde a una medición definitiva del aprendizaje ni de la adherencia real en laboratorio.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 18. Relación entre jornadas de prueba e iteraciones del prototipo

Jornada	Versión evaluada	Uso de la información recolectada
Primera jornada	Versión 1	Aplicación inicial del prototipo con estudiantes y recolección de observaciones para identificar ajustes de interacción, claridad y funcionamiento.
Segunda jornada	Versión 2	Aplicación de una versión ajustada a partir de la prueba anterior, con nueva recolección de respuestas y observaciones de uso.
Tercera jornada	Versión 3	Aplicación de una tercera versión del prototipo y consolidación de información para el análisis de usabilidad y la identificación de mejoras posteriores.

Fuente: elaboración propia.

5.4.2. Instrumento de evaluación aplicado. Para la recolección de información posterior a la interacción con *BioLimit* se utilizó un formulario en línea elaborado en Google Forms. Este instrumento fue diligenciado por los participantes después de probar el prototipo y permitió recopilar información relacionada con la usabilidad percibida, la claridad de las instrucciones, la percepción de apoyo al refuerzo de conceptos de bioseguridad y las observaciones abiertas sobre la experiencia de juego.

El formulario incluyó una autorización para el tratamiento de datos personales con fines académicos, preguntas de control para identificar la versión del juego evaluada, los diez ítems del modelo System Usability Scale (SUS), dos preguntas complementarias de escala numérica y tres espacios de respuesta abierta. Esta estructura permitió combinar información cuantitativa y cualitativa sin limitar el análisis únicamente a un puntaje global.

Cuadro 19. Estructura del instrumento de evaluación aplicado

Componente	Contenido incluido	Propósito dentro de la evaluación
Autorización de datos personales	Texto de autorización para el uso académico de la información recolectada.	Informar al participante sobre el tratamiento confidencial de sus datos y el uso académico de las respuestas.
Datos de control	Marca temporal, correo electrónico y versión del juego evaluada.	Organizar las respuestas, identificar la jornada o versión del prototipo y evitar confusiones durante el análisis.
Ítems SUS	Diez afirmaciones con escala tipo Likert de cinco niveles.	Calcular la usabilidad percibida del prototipo mediante un puntaje estandarizado entre 0 y 100.
Claridad de instrucciones	Pregunta de escala numérica sobre la claridad de las instrucciones del juego.	Valorar si los participantes comprendieron las indicaciones necesarias para interactuar con el prototipo.
Refuerzo de bioseguridad	Pregunta de escala numérica sobre la percepción de apoyo al refuerzo de conceptos de bioseguridad en laboratorio.	Identificar la percepción de los estudiantes sobre la relación entre el videojuego y los contenidos de bioseguridad abordados.
Preguntas abiertas	Preguntas sobre lo que más gustó del juego, aspectos por mejorar y comentarios adicionales.	Recoger observaciones cualitativas para interpretar la experiencia de usuario e identificar oportunidades de mejora.

Fuente: elaboración propia, con base en el formulario de evaluación aplicado a los estudiantes.

Las preguntas correspondientes al SUS se formularon como afirmaciones alternadas entre orientación positiva y negativa. Esta alternancia evita que el usuario responda de forma mecánica y permite calcular el puntaje final mediante una transformación específica de cada ítem. En el caso de las afirmaciones positivas, se resta uno al valor seleccionado por el participante; en las afirmaciones negativas, se resta el valor seleccionado a cinco. Finalmente, la suma de las contribuciones se multiplica por 2,5 para obtener un resultado en una escala de 0 a 100.

Cuadro 20. Ítems SUS incluidos en el formulario

Ítem	Afirmación aplicada	Orientación
1	Creo que me gustaría usar este juego con frecuencia.	Positiva
2	Encontré el juego innecesariamente complejo.	Negativa
3	Pensé que el juego era fácil de usar.	Positiva
4	Creo que necesitaría ayuda de otra persona para poder usar este juego.	Negativa
5	Encontré que las funciones del juego estaban bien integradas.	Positiva
6	Pensé que había demasiada inconsistencia en el juego.	Negativa
7	Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este juego rápidamente.	Positiva
8	Encontré el juego difícil de usar.	Negativa
9	Me sentí muy seguro(a) usando el sistema.	Positiva
10	Necesité aprender muchas cosas antes de poder usar el juego.	Negativa

Fuente: elaboración propia, con base en el formulario de evaluación aplicado a los estudiantes.

La escala de respuesta usada para los ítems SUS fue de cinco niveles, desde "Totalmente en desacuerdo" hasta "Totalmente de acuerdo". Para el análisis, estas respuestas fueron convertidas a valores numéricos de 1 a 5. Esta conversión se realizó en la hoja de referencia del archivo de resultados, lo que permitió calcular de manera uniforme los puntajes SUS de cada participante.

Cuadro 21. Codificación de la escala de respuesta

Respuesta seleccionada	Valor asignado
Totalmente en desacuerdo	1

Respuesta seleccionada	Valor asignado
En desacuerdo	2
Neutral	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Fuente: elaboración propia, con base en la codificación utilizada para el análisis de respuestas.

Además del SUS, el instrumento incluyó dos preguntas complementarias: una sobre la claridad de las instrucciones del juego y otra sobre si el prototipo ayudaba a reforzar conceptos de bioseguridad en laboratorio. Estas preguntas se valoraron en una escala numérica de 1 a 5 y se usaron como apoyo para interpretar aspectos específicos de la experiencia, sin reemplazar el cálculo del SUS.

Finalmente, las preguntas abiertas permitieron recoger comentarios sobre los elementos mejor valorados del videojuego, los aspectos que los participantes consideraban susceptibles de mejora y observaciones adicionales. Estas respuestas se analizaron de manera cualitativa para complementar los resultados numéricos y orientar ajustes posteriores del prototipo.

5.4.3. Participantes y versiones evaluadas. La evaluación con usuarios se desarrolló con estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis, quienes participaron de manera presencial durante espacios de clase. Las pruebas se realizaron en salones de clase y fueron acompañadas por los autores del proyecto, quienes orientaron la instalación del prototipo, explicaron el propósito de la actividad y resolvieron dudas operativas durante la interacción con el videojuego.

El acceso al prototipo se realizó mediante la página publicada en *itch.io*, desde la cual los participantes descargaron e instalaron el archivo APK en sus dispositivos *Android*. Posteriormente, cada estudiante interactuó con el videojuego durante un tiempo aproximado de cinco minutos y, al finalizar la prueba, diligenció el formulario de evaluación en línea.

Las pruebas se organizaron en tres jornadas presenciales realizadas en días diferentes. En cada jornada se evaluó una versión del prototipo, identificada en el formulario como Version_1, Version_2 y Version_3. Después de cada aplicación se incorporaron ajustes al videojuego con base en las observaciones y necesidades detectadas, de modo que la evaluación se asumió como un proceso iterativo de validación y mejora del producto software.

Cuadro 22. Condiciones generales de participación en la evaluación.

Elemento	Descripción
Población participante	Estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis.
Modalidad de aplicación	Presencial.
Lugar de aplicación	Salones de clase, durante espacios académicos de Microbiología.
Medio de acceso al prototipo	Instalación del APK desde la página publicada en <i>itch.io</i> .
Duración aproximada de la interacción	Cinco minutos por estudiante.
Acompañamiento durante la prueba	Supervisión y apoyo presencial por parte de los autores del proyecto.
Registro de información	Formulario en línea diligenciado después de interactuar con el videojuego.

Fuente: elaboración propia.

En total se consolidaron 26 respuestas del formulario. Esta cifra corresponde a registros de evaluación y no necesariamente a participantes únicos independientes, debido a que algunos estudiantes pudieron participar en más de una jornada de prueba. Por esta razón, en el análisis se hace referencia a respuestas o registros por versión, evitando presentar datos personales o identificadores de los estudiantes.

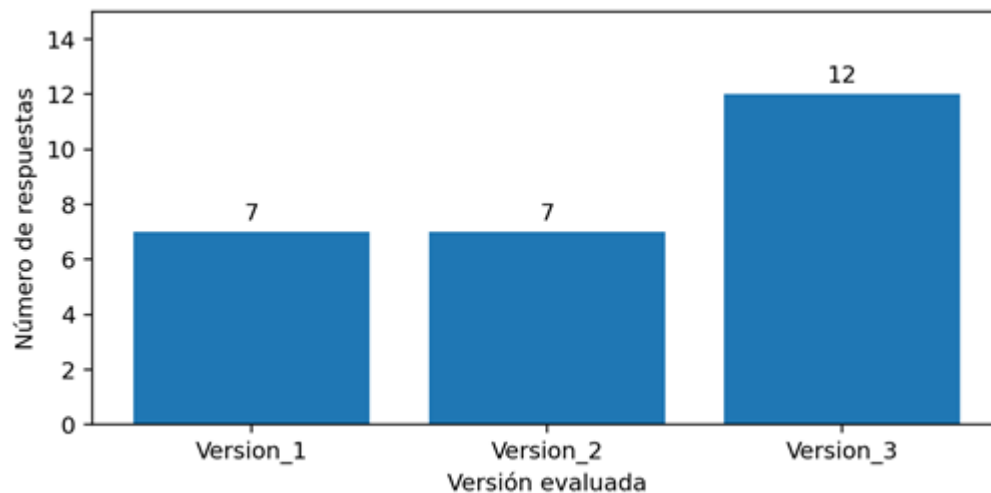
Cuadro 23. Distribución de respuestas por versión evaluada.

Versión evaluada	Fecha registrada	Respuestas	Porcentaje	Observación
Version_1	11 de mayo de 2026	7	26,9 %	Primera jornada de prueba del prototipo.
Version_2	15 de mayo de 2026	7	26,9 %	Segunda jornada, posterior a ajustes realizados después de la primera prueba.
Version_3	21 de mayo de 2026	12	46,2 %	Tercera jornada, posterior a nuevos ajustes incorporados al prototipo.

Versión evaluada	Fecha registrada	Respuestas	Porcentaje	Observación
Total	—	26	100 %	Total de respuestas consolidadas en el formulario.

Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas recolectadas mediante el formulario de evaluación.

Figura 34. Distribución de respuestas recolectadas por versión evaluada.



Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas recolectadas mediante el formulario de evaluación.

Como se observa en el Cuadro 23 y en la Figura 34, las dos primeras versiones contaron con siete respuestas cada una, mientras que la tercera versión concentró doce respuestas. Esta distribución refleja el carácter progresivo de la evaluación, en la cual el prototipo fue probado, ajustado y nuevamente presentado a estudiantes en jornadas posteriores.

Debido al tamaño reducido de la muestra y a su selección intencional, los resultados se interpretaron de manera descriptiva. Por tanto, las comparaciones entre versiones no se plantearon como una prueba estadística concluyente, sino como una referencia para observar la percepción de los usuarios frente a las diferentes iteraciones evaluadas del prototipo.

Finalmente, es importante señalar que después de la tercera jornada de prueba se continuaron implementando ajustes en el videojuego. En consecuencia, los resultados presentados en los apartados siguientes corresponden a las versiones evaluadas durante las tres jornadas presenciales y no necesariamente a la última versión interna del prototipo.

5.4.4. Resultados de usabilidad mediante SUS. Los resultados de usabilidad del prototipo *BioLimit* se analizaron mediante el puntaje obtenido en la escala System Usability Scale (SUS), calculado a partir de las diez afirmaciones incluidas en el formulario de evaluación. Este puntaje se expresa en una escala de 0 a 100 y permite resumir la percepción de facilidad de uso, integración de funciones, complejidad percibida y seguridad del usuario durante la interacción con el videojuego.

Para este análisis se tomaron como base 26 respuestas válidas registradas en el formulario. Los resultados se presentan de forma descriptiva, tanto a nivel general como por versión evaluada, debido a que la muestra fue intencional y estuvo orientada a la validación técnica y de usabilidad del prototipo.

Cuadro 24. Indicadores generales del puntaje SUS obtenido.

Indicador	Resultado
Total de respuestas analizadas	26
Promedio SUS general	81,15
Mediana SUS	77,5
Puntaje SUS mínimo	65
Puntaje SUS máximo	97,5

Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas recolectadas mediante el formulario de evaluación.

El promedio general fue de 81,15 puntos sobre 100, con una mediana de 77,5. Estos valores muestran una percepción favorable de usabilidad por parte de los participantes, ya que el resultado se ubicó en la zona alta de la escala utilizada. Asimismo, el rango

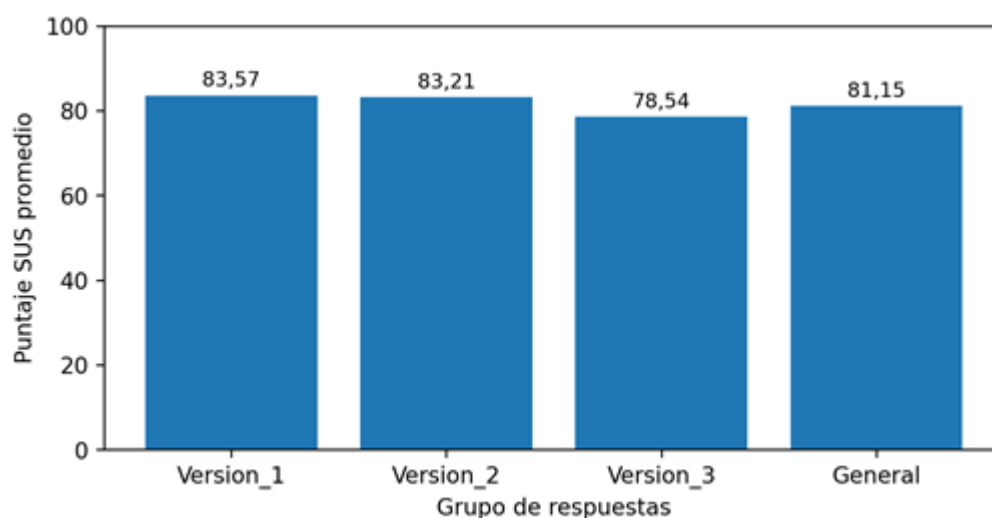
observado estuvo entre 65 y 97,5 puntos, lo que evidencia que, aunque la valoración general fue positiva, también existieron diferencias en la percepción individual de los usuarios.

Cuadro 25. Resultados SUS por versión evaluada.

Versión	n	Promedio SUS	Mediana	Mínimo	Máximo
Version_1	7	83,57	82,5	75	97,5
Version_2	7	83,21	90	65	97,5
Version_3	12	78,54	75	67,5	95
General	26	81,15	77,5	65	97,5

Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas recolectadas mediante el formulario de evaluación.

Figura 35. Promedio SUS obtenido por versión evaluada.



Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas recolectadas mediante el formulario de evaluación.

Al revisar los resultados por versión, se observa que Version_1 obtuvo un promedio SUS de 83,57 puntos, Version_2 alcanzó 83,21 puntos y Version_3 registró 78,54 puntos. Las dos primeras versiones presentaron promedios muy cercanos entre sí, mientras que la

tercera versión mostró un valor ligeramente menor, aunque se mantuvo dentro de una valoración general favorable.

La variación entre versiones debe interpretarse con precaución, ya que las jornadas no tuvieron el mismo número de respuestas y la evaluación no fue diseñada como una comparación estadística entre grupos independientes. En este sentido, los resultados permiten observar la percepción de usabilidad en cada iteración probada, pero no constituyen una prueba concluyente de superioridad de una versión frente a otra.

Los resultados SUS muestran una percepción favorable de usabilidad por parte de los estudiantes que participaron en las pruebas. Estos puntajes también sirven como base para continuar mejorando el videojuego, especialmente en aspectos relacionados con la interfaz, la claridad de las instrucciones y la experiencia de interacción.

5.4.5. Claridad de instrucciones y percepción de refuerzo de bioseguridad. Además del puntaje SUS, el formulario incluyó dos preguntas complementarias orientadas a valorar la claridad de las instrucciones y la percepción de apoyo al refuerzo de conceptos de bioseguridad en laboratorio. Ambas preguntas se respondieron en una escala de 1 a 5, donde los valores más altos representan una valoración más favorable por parte de los participantes.

Cuadro 26. Resultados de claridad de instrucciones y refuerzo de bioseguridad por versión evaluada.

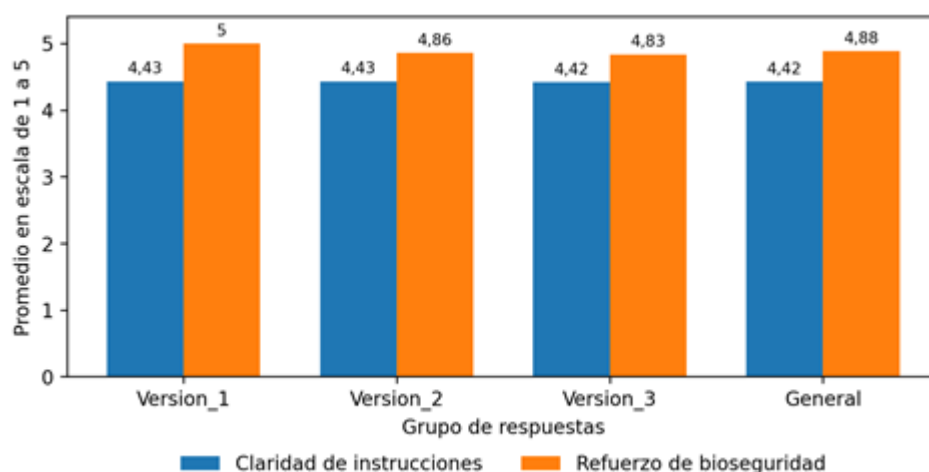
Versión	n	Claridad promedio	Mediana claridad	Refuerzo promedio	Mediana refuerzo
Version_1	7	4,43	4	5	5
Version_2	7	4,43	5	4,86	5
Version_3	12	4,42	5	4,83	5
General	26	4,42	5	4,88	5

Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas recolectadas mediante el formulario de evaluación.

En la pregunta relacionada con la claridad de las instrucciones, el promedio general fue de 4,42 sobre 5, con una mediana de 5. Por versión, los promedios fueron cercanos entre sí: Version_1 y Version_2 obtuvieron 4,43, mientras que Version_3 obtuvo 4,42. Estos valores indican una percepción favorable sobre la comprensión de las actividades propuestas.

En cuanto a la percepción de refuerzo de conceptos de bioseguridad, el promedio general fue de 4,88 sobre 5, con una mediana de 5. Este valor evidencia una valoración favorable frente a la relación entre los minijuegos y los contenidos de bioseguridad representados, sin constituir una medición definitiva del aprendizaje alcanzado.

Figura 36. Promedios de claridad de instrucciones y refuerzo de bioseguridad por versión evaluada.



Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas recolectadas mediante el formulario de evaluación.

Cuadro 27. Distribución de respuestas en las preguntas complementarias.

Pregunta	Valor 5	Valor 4	Valor 3	Valores 1 y 2
Claridad de instrucciones	14 respuestas (53,85 %)	9 respuestas (34,62 %)	3 respuestas (11,54 %)	0 respuestas (0 %)
Refuerzo de conceptos de bioseguridad	23 respuestas (88,46 %)	3 respuestas (11,54 %)	0 respuestas (0 %)	0 respuestas (0 %)

Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas recolectadas mediante el formulario de evaluación.

La distribución de respuestas muestra que la claridad de las instrucciones recibió 14 valoraciones máximas, 9 valoraciones de 4 y 3 valoraciones de 3, sin respuestas en los valores 1 o 2. Aunque la tendencia fue positiva, estos datos señalan oportunidades de mejora en la explicación inicial, los tutoriales o la comunicación de objetivos en algunos minijuegos.

Para la pregunta sobre refuerzo de conceptos de bioseguridad, 23 de las 26 respuestas se ubicaron en el valor máximo de la escala y las 3 restantes en el valor 4. En este sentido, los participantes percibieron que el videojuego guarda relación con los contenidos de bioseguridad y puede funcionar como apoyo complementario mediante situaciones interactivas.

Las preguntas complementarias complementan la lectura del SUS, especialmente en lo relacionado con la claridad de las instrucciones y la relación del videojuego con contenidos de bioseguridad. A partir de estos resultados también se identifican aspectos por mejorar, como ofrecer instrucciones más específicas, ampliar los tutoriales y hacer más detallada la realimentación para el jugador.

5.4.6. Análisis cualitativo de comentarios abiertos. Además de las preguntas cuantitativas, el formulario de evaluación incluyó preguntas abiertas orientadas a identificar los aspectos más valorados del videojuego y las oportunidades de mejora percibidas por los estudiantes. Estas respuestas permitieron complementar la lectura de los resultados numéricos con observaciones directas sobre la experiencia de uso del prototipo.

El análisis se realizó mediante una revisión temática de los comentarios abiertos, agrupando las respuestas en categorías recurrentes. Una misma respuesta podía aportar

a más de una categoría; por esta razón, las frecuencias presentadas corresponden a menciones identificadas y no necesariamente a participantes únicos. La información se presenta de forma agregada, sin incluir datos personales de los participantes.

Cuadro 28. Categorías positivas identificadas en los comentarios abiertos.

Categoría temática	Menciones	Evidencia en comentarios	Interpretación
Diseño visual, dibujos y personajes	13	Se mencionaron los dibujos, personajes, animación, gráficos, diseño visual e implementos de laboratorio.	El componente visual fue el aspecto más valorado y aportó a que la experiencia fuera percibida como amigable.
Facilidad de uso, fluidez y jugabilidad	10	Aparecieron expresiones como facilidad al jugarlo, fluidez, movilidad, fácil jugabilidad e interfaz intuitiva.	Las respuestas sugieren que el prototipo fue entendido y usado sin una barrera inicial alta.
Dinámica de minijuegos y estructura	4	Algunos participantes destacaron que el juego era dinámico, bien estructurado y con minijuegos.	La división en retos cortos fue reconocida como un elemento positivo de la experiencia.
Tutoriales e instrucciones como apoyo	3	Se indicó que las instrucciones permitían jugar sin conocimientos previos y que los tutoriales ayudaban mucho.	Los elementos de guía fueron útiles para introducir la interacción, aunque también aparecieron como aspecto por mejorar.
Relación con situaciones de laboratorio	1	Una respuesta resaltó que el juego incluía situaciones que pueden ocurrir en la vida cotidiana del laboratorio.	Esta mención muestra que, al menos para algunos participantes, el contenido se relacionó con escenarios reales de bioseguridad.

Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas abiertas del formulario de evaluación.

Los comentarios positivos se concentraron principalmente en el componente visual del juego, la facilidad de uso y la fluidez de la interacción. Los estudiantes destacaron los dibujos, personajes, gráficos, diseño del entorno y la organización general de la experiencia. También se identificaron menciones favorables hacia la estructura basada en minijuegos y hacia los tutoriales como apoyo para comprender las actividades.

Estos resultados cualitativos son coherentes con los puntajes favorables obtenidos en las preguntas de usabilidad y claridad, ya que los participantes no solo valoraron el contenido del prototipo, sino también la forma en que este fue presentado y ejecutado durante la prueba.

Cuadro 29. Oportunidades de mejora identificadas en los comentarios abiertos.

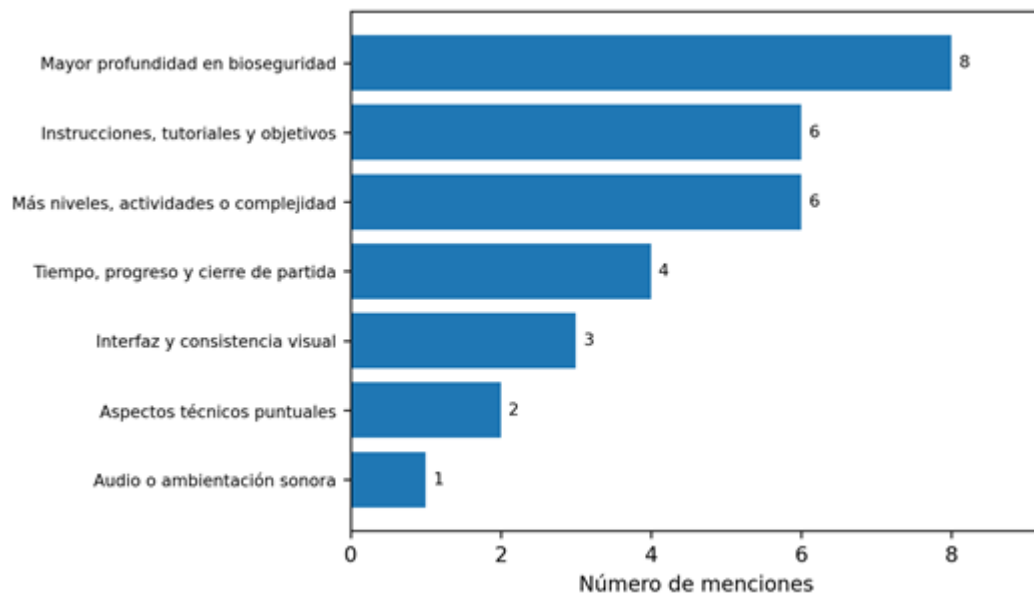
Categoría de mejora	Menciones	Observaciones asociadas	Implicación para futuras iteraciones
Mayor profundidad en bioseguridad	8	Agregar más conceptos, revisar procedimientos, fortalecer protocolos y dejar una realimentación más completa.	Ampliar el contenido educativo y explicar mejor el sentido de cada procedimiento dentro del laboratorio.
Instrucciones, tutoriales y objetivos	6	Especificar objetivos antes de iniciar, mejorar la claridad entre elementos de pregunta y respuesta, y profundizar tutoriales.	Ajustar los tutoriales iniciales, las indicaciones de cada minijuego y los mensajes de cierre de actividad.
Más niveles, actividades o complejidad	6	Agregar más actividades, más pruebas, más niveles y niveles de complejidad progresiva.	Proyectar futuras iteraciones con mayor variedad de retos y una progresión más amplia.
Tiempo, progreso y cierre de partida	4	Ajustar el tiempo disponible y avisar cuando se completen todos los minijuegos.	Revisar temporizadores, señales de progreso y estados de finalización para reducir confusión.
Interfaz y consistencia visual	3	Mejorar la interfaz, mantener mayor consistencia de diseño entre niveles y aclarar elementos interactivos.	Unificar recursos visuales y reforzar la jerarquía gráfica de los elementos de interacción.
Aspectos técnicos puntuales	2	Se reportaron dificultades de acceso y un caso de comportamiento inesperado de tubos de ensayo.	Corregir fallas específicas detectadas durante la prueba y fortalecer pruebas funcionales antes de cada jornada.
Audio o ambientación sonora	1	Se sugirió agregar música de fondo.	Considerar recursos sonoros como complemento de inmersión, sin afectar la claridad de instrucciones.

Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas abiertas del formulario de evaluación.

Las oportunidades de mejora se relacionaron principalmente con la necesidad de ampliar o profundizar el contenido de bioseguridad, mejorar la especificidad de los tutoriales e instrucciones, incorporar más niveles o actividades y ajustar aspectos del flujo de juego, como el tiempo disponible y la indicación de finalización de todos los minijuegos. También se registraron observaciones puntuales sobre interfaz, consistencia visual, acceso y errores específicos.

Adicionalmente, 6 respuestas no plantearon una mejora concreta, ya que incluyeron expresiones como “nada”, “no sé” o un punto como respuesta. Este comportamiento indica que una parte de los participantes no identificó cambios específicos después de la prueba, aunque esto no elimina la necesidad de atender las oportunidades de mejora señaladas por los demás usuarios.

Figura 37. Frecuencia de menciones asociadas a oportunidades de mejora.



Fuente: elaboración propia, con base en las respuestas abiertas del formulario de evaluación.

En síntesis, el análisis cualitativo permitió reconocer que *BioLimit* fue percibido como un prototipo visualmente atractivo, sencillo de usar y con una estructura de minijuegos comprensible para los participantes. Al mismo tiempo, los comentarios muestran que las futuras iteraciones deberían fortalecer la profundidad del contenido de bioseguridad, mejorar la orientación inicial del usuario, ampliar la cantidad de retos y reforzar la realimentación posterior a cada actividad.

Por lo anterior, los comentarios abiertos no solo funcionaron como una valoración de aceptación del prototipo, sino también como insumo para priorizar ajustes posteriores en diseño instruccional, interfaz, progresión de dificultad y estabilidad técnica.

5.4.7. Síntesis de la evaluación y oportunidades de mejora. La evaluación del prototipo *BioLimit* permitió reunir información cuantitativa y cualitativa sobre la experiencia de uso del videojuego por parte de estudiantes del programa de Microbiología y Bioanálisis. En conjunto, los resultados evidenciaron una percepción favorable de la usabilidad, la claridad general de las instrucciones y la utilidad del prototipo como recurso de apoyo para reforzar conceptos relacionados con bioseguridad.

El puntaje SUS general obtenido fue de 81,15 sobre 100, mientras que las preguntas complementarias registraron un promedio de 4,42 sobre 5 en claridad de instrucciones y 4,88 sobre 5 en percepción de refuerzo de conceptos de bioseguridad. Estos resultados no se interpretan como una medición definitiva del aprendizaje ni de la adherencia real en laboratorio, sino como evidencia de aceptación, comprensión de la interacción y valoración positiva del prototipo desde la perspectiva de los usuarios participantes.

Cuadro 30. Síntesis de resultados obtenidos en la evaluación del prototipo.

Aspecto evaluado	Resultado observado	Interpretación dentro del proyecto
Usabilidad percibida	Promedio SUS general de 81,15 sobre 100.	El prototipo fue valorado de forma favorable en facilidad de uso, integración de funciones y confianza de interacción.
Claridad de instrucciones	Promedio general de 4,42 sobre 5.	Las instrucciones fueron comprendidas de manera positiva, aunque los comentarios abiertos permitieron identificar ajustes de orientación para versiones posteriores.
Percepción de refuerzo de bioseguridad	Promedio general de 4,88 sobre 5.	Los participantes percibieron que la experiencia ayudaba a reforzar conceptos asociados con normas de bioseguridad.
Comentarios positivos	Se destacaron elementos visuales, facilidad de uso, fluidez, minijuegos y relación con situaciones de laboratorio.	El diseño visual y la estructura basada en retos cortos fueron fortalezas relevantes de la experiencia.
Comentarios de mejora	Se identificaron observaciones sobre contenidos, instrucciones, niveles, ritmo, interfaz, errores puntuales y ambientación.	Las respuestas sirvieron como insumo para ajustes durante el proceso iterativo y para proyectar futuras ampliaciones.

Fuente: elaboración propia, con base en los resultados del formulario de evaluación aplicado a estudiantes de Microbiología y Bioanálisis.

Un aspecto importante del proceso fue que la evaluación no se realizó como un único cierre del desarrollo, sino como parte de un ciclo iterativo. Las tres jornadas de prueba permitieron observar el comportamiento de los usuarios, revisar sus respuestas y aplicar mejoras progresivas al prototipo. Por esta razón, varias observaciones identificadas en los comentarios abiertos no quedaron únicamente como pendientes, sino que fueron atendidas total o parcialmente durante las versiones posteriores del videojuego.

Cuadro 31. Ajustes derivados de la evaluación e incorporados al prototipo.

Aspecto ajustado	Necesidad identificada	Ajuste realizado
Instrucciones y tutoriales	Los usuarios requerían mayor orientación antes o durante algunos retos.	Se implementó un tutorial por minijuego antes de la ejecución y se añadió un repositorio de tutoriales para consulta posterior.
Realimentación durante los minijuegos	Se identificó la necesidad de guiar mejor al jugador durante la actividad.	Se agregaron textos informativos sobre los minijuegos y señales de realimentación para orientar la acción del usuario.
Tiempo y ritmo de juego	Algunas pruebas mostraron que ciertos minijuegos requerían ajuste en el tiempo disponible o en el ritmo de interacción.	Se realizaron ajustes en los temporizadores y en la dinámica de ejecución para permitir una interacción más clara.
Fallas técnicas puntuales	Durante las pruebas se reportaron comportamientos inesperados en algunos elementos interactivos.	Se corrigieron los errores detectados y se revisaron las validaciones asociadas a los objetos del juego.
Ambientación sonora	Se identificó la posibilidad de complementar la experiencia mediante audio.	Se añadieron música de fondo, música de <i>gameplay</i> y sonidos asociados a la experiencia.
Presentación visual	Se reconoció la necesidad de mejorar la coherencia y presentación de algunos recursos.	Se realizaron ajustes visuales y se proyectó la posibilidad de fortalecer el arte con animaciones y efectos adicionales.

Fuente: elaboración propia, con base en las jornadas de prueba y las mejoras implementadas en el prototipo.

A partir de lo anterior, las oportunidades de mejora pendientes se orientan principalmente a la ampliación y profundización del prototipo, más que a la corrección básica de su funcionamiento. En este sentido, *BioLimit* cuenta con una base funcional evaluada, pero puede enriquecerse en futuras iteraciones mediante nuevos contenidos, mayor variedad de retos, progresión de dificultad y recursos visuales o sonoros más elaborados.

Cuadro 32. Oportunidades de mejora pendientes para futuras iteraciones.

Oportunidad de mejora	Descripción	Aporte esperado
Ampliar la cantidad de minijuegos y niveles	Incorporar nuevas situaciones de bioseguridad no desarrolladas como minijuegos independientes.	Permitiría representar más normas de laboratorio y ofrecer una experiencia con mayor duración y variedad.
Implementar progresión de dificultad	Organizar los retos por niveles, con mayor complejidad, más pasos o condiciones adicionales conforme avanza el jugador.	Favorecería una experiencia gradual, evitando que todos los retos tengan un nivel de exigencia similar.
Profundizar el contenido educativo	Agregar explicaciones más completas sobre el fundamento de cada protocolo, especialmente en tutoriales y pantallas de cierre.	Ayudaría a que la realimentación no solo indique acierto o error, sino también la razón de la práctica segura.
Fortalecer el arte y las animaciones	Mejorar personajes, transiciones, efectos visuales, animaciones de objetos y respuestas visuales ante acciones del jugador.	Aumentaría la inmersión y la claridad visual sin modificar la lógica principal del prototipo.
Ampliar la ambientación sonora	Agregar más sonidos contextuales, variaciones de música y efectos específicos para aciertos, errores o finalización de retos.	Contribuiría a una experiencia más completa, siempre que no interfiera con la comprensión de las instrucciones.
Realizar nuevas evaluaciones con versiones ampliadas	Aplicar futuras pruebas cuando se incorporen nuevos niveles, contenidos o recursos multimedia.	Permitiría verificar si las mejoras mantienen o incrementan la usabilidad y la aceptación del videojuego.

Fuente: elaboración propia, con base en la síntesis de resultados de evaluación y el alcance funcional del prototipo.

Con base en los resultados obtenidos, la evaluación permitió observar una aceptación favorable del prototipo por parte de los participantes y que su estructura de minijuegos, tutoriales, realimentación y registro de resultados funcionó como una base adecuada para la validación técnica y de usabilidad. Al mismo tiempo, el proceso permitió identificar mejoras aplicables durante el desarrollo y oportunidades de ampliación que pueden fortalecer el alcance educativo y la calidad de la experiencia en futuras versiones.

De esta manera, la evaluación no se redujo al puntaje de usabilidad. También permitió identificar qué elementos funcionaron bien para los estudiantes y qué aspectos deben fortalecerse en futuras versiones.

6. CONCLUSIONES

Tras el diseño, implementación y evaluación del prototipo *BioLimit*, se establecen las siguientes conclusiones:

- El desarrollo de *BioLimit* permitió obtener un videojuego serio funcional en *Unity*, orientado a apoyar la adherencia a normas de bioseguridad en el contexto de los laboratorios del programa de Microbiología y Bioanálisis. El prototipo integró situaciones de laboratorio, minijuegos, tutoriales, puntuación, realimentación inmediata y registro de desempeño, ofreciendo una experiencia interactiva y segura que complementa los procesos formativos tradicionales.
- El análisis de las normas de bioseguridad permitió definir y acotar un alcance funcional coherente con las conductas que podían representarse dentro del videojuego. A partir de este proceso se seleccionaron las situaciones consideradas más apropiadas para el prototipo, teniendo en cuenta su relevancia en el contexto de laboratorio, su viabilidad para convertirse en actividades interactivas y los recursos técnicos y de tiempo disponibles. De esta manera, se priorizaron normas relacionadas con el uso de elementos de protección personal, la clasificación de residuos, la descontaminación de materiales y superficies, y la atención de derrames biológicos, las cuales sirvieron como base para estructurar los minijuegos implementados.
- El diseño de la experiencia de juego permitió transformar procedimientos de bioseguridad en retos cortos, comprensibles y evaluables, integrando mecánicas de interacción, narrativa contextualizada, tutoriales, sistema de puntuación y realimentación inmediata. Este diseño se apoyó en las historias de usuario documentadas en el Anexo A, las cuales permitieron organizar las funcionalidades necesarias para orientar la interacción del jugador, los retos de cada minijuego y

la forma en que el sistema comunica aciertos, errores y resultados. Esta estructura favoreció que el usuario pudiera aprender mediante prueba y error en un entorno virtual controlado, sin exponerse a los riesgos propios de una práctica de laboratorio real.

- La implementación en *Unity* permitió construir un prototipo funcional 2D disponible para *Android* y *Windows*, compuesto por escenas, minijuegos, sistema de puntuación, tutoriales, pantalla de resultados, persistencia de datos en *Firebase* y panel web de consulta. La organización modular del proyecto, respaldada por diagramas de clases, casos de uso y secuencia incluidos en el Anexo C, facilitó la comprensión de la estructura del software y dejó una base técnica ampliable para futuras versiones. Además, las pruebas funcionales y las sesiones realizadas con usuarios permitieron comprobar que el flujo principal del videojuego operaba de manera adecuada, desde el acceso al sistema hasta la ejecución de minijuegos, el cálculo de resultados y el registro externo de datos.
- La evaluación del prototipo permitió verificar su funcionamiento como producto software y recopilar la percepción de los usuarios frente a la experiencia de uso. Los resultados obtenidos mediante el instrumento SUS y las preguntas complementarias evidenciaron una recepción favorable, con un puntaje SUS general de 81,15 sobre 100, una valoración de claridad de instrucciones de 4,42 sobre 5 y una percepción de refuerzo de bioseguridad de 4,88 sobre 5. Asimismo, se contó con el apoyo de docentes del área de Ingeniería de Sistemas y de Microbiología y Bioanálisis, quienes aportaron una valoración técnica y académica del videojuego. Las sesiones con estudiantes también permitieron observar la estabilidad operativa del prototipo, ya que en un entorno de clase llegaron a participar simultáneamente hasta 15 estudiantes sin presentarse contratiempos relevantes en la conexión con la base de datos ni problemas de rendimiento en los dispositivos utilizados.

- Las intervenciones con estudiantes permitieron identificar oportunidades de mejora relacionadas con tiempos de juego, claridad de instrucciones, elementos visuales, sonidos, tutoriales y realimentación. Estas observaciones fueron útiles para ajustar el prototipo durante el proceso de desarrollo, convirtiendo la evaluación no solo en una etapa de validación, sino también en un componente activo de mejora del software.

7. RECOMENDACIONES

A partir del desarrollo, implementación y evaluación del prototipo *BioLimit*, se plantean las siguientes recomendaciones como líneas de continuidad para ampliar el alcance del videojuego, fortalecer su uso académico y facilitar futuras iteraciones del proyecto.

- Ampliar la cantidad de minijuegos y situaciones de bioseguridad: esto permitiría abarcar más normas de bioseguridad y ampliaría los escenarios de decisión para el usuario como por ejemplo el lavado de manos, la manipulación de sustancias y transporte de muestras, entre otras, de manera que el videojuego evolucione a una herramienta más integral.
- Implementar una progresión por niveles o dificultad: dado que el prototipo actual es una experiencia corta, estructurar una versión futura con niveles básicos, intermedios y avanzados les permitiría a los usuarios poner a prueba sus conocimientos por medio de una curva de aprendizaje gradual al ser guiados a través de escenarios más complejos y realistas.
- Profundizar los tutoriales y la realimentación educativa: mejorar con ejemplos visuales y mensajes específicos tras un error el repositorio actual de *BioLimit*, ayudará a los usuarios en la comprensión conceptual de los protocolos de laboratorio y convertirá la evaluación en una herramienta formativa.
- Fortalecer las pruebas con estudiantes y docentes del área: realizar nuevas pruebas incluyendo a más estudiantes y docentes del programa académico con el fin de ajustar los contenidos pedagógicos, las instrucciones y la dificultad de los minijuegos según las necesidades reales del público objetivo.

- Incorporar una evaluación antes y después de la experiencia de juego: para complementar la investigación es pertinente evaluar a los estudiantes antes y después de usar *BioLimit* para medir el impacto real en la comprensión y retención de las normas de bioseguridad.
- Fortalecer el panel web de consulta de resultados desplegado en *Firebase*: expandir la plataforma web actual vinculada a *Firebase* para mejorar su utilidad incorporando herramientas avanzadas como gestión de usuarios para docentes, filtros por variables, visualización gráfica de rendimiento y exportación de datos, permitirá facilitar el análisis de resultados en futuras implementaciones del prototipo.
- Ampliar las plataformas de publicación del videojuego: diseñar versiones web y evaluar una posible publicación en otras plataformas, como Google Play Store o App Store, permitirá reducir barreras de compatibilidad y simplificar la experiencia de descarga; todo esto, considerando las pautas técnicas de *Unity* y *Firebase* para mejorar la accesibilidad, el alcance y la facilidad de instalación.
- Continuar mejorando el arte, las animaciones, los efectos y la ambientación: elevar la calidad visual y sonora del videojuego mediante más animaciones, realimentación sonora y una estética gráfica más uniforme podría fortalecer la identidad del software y mejorar la inmersión del usuario.
- Complementar el *Game Design Document* (GDD) con manuales de uso y documentación técnica: complementar la documentación existente del GDD con manuales técnicos y de usuario facilitará la continuidad del desarrollo, especialmente para la adición de nuevos minijuegos y componentes clave del software.

- Revisar la seguridad y privacidad del acceso a los resultados: restringir el acceso directo al panel web mediante credenciales de seguridad, especialmente al registrar datos de identificación estudiantil o calificaciones, será una medida indispensable para fortalecer la protección de la información de los usuarios y un manejo controlado de la base de datos.

Estas recomendaciones plantean posibles rutas para continuar el desarrollo de *BioLimit*, ampliando su alcance educativo y fortaleciendo los componentes técnicos, visuales y de evaluación contruidos durante el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

ANWAR, A. A review of RUP (Rational Unified Process) [en línea]. 2014 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en:

<https://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJSE/Volume5/Issue2/IJSE-142.pdf>.

BANDLAB TECHNOLOGIES. *Cakewalk* [en línea]. s. f. [Consultado: 9 jul 2026].

Disponible en: <https://www.bandlab.com/products/Cakewalk>.

BAUMANN-BIRKBECK, L. et al. Can a virtual microbiology simulation be as effective as the traditional wet lab for pharmacy student education? [en línea]. 2021 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12909-021-03000-3>.

BAYOT, MARIA L, ZUBAIR, M y LIMAIE, F. Biosafety guidelines. En: StatPearls [en línea]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, enero de 2025-. [Actualizado el 19 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537210/> [Consultado: 13 dic 2025].

BROOKE, John. SUS: A quick and dirty usability scale [en línea]. En: JORDAN, Patrick W.; THOMAS, Bruce; McCLELLAND, Ian Lyall y WEERDMEEESTER, Bernard, eds. Usability Evaluation in Industry. Londres: Taylor & Francis, 1996. p. 189-194.

[Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en:

https://digital.ahrq.gov/sites/default/files/docs/survey/systemusabilityscale%28sus%29_c omp%5B1%5D.pdf.

CALIK, A.; CAKMAK, B.; KAPUCU, S. y INKAYA, B. The effectiveness of serious games designed for infection prevention and promotion of safe behaviors of senior nursing students during the COVID-19 pandemic [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2022.02.025>.

CHIGNELL, M. et al. A serious game for clinical assessment of cognitive status: Validation study [en línea]. 2016 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/games.5006>.

DAMAŠEVIČIUS, R.; MASKELIŪNAS, R. y BLAŽAUSKAS, T. Serious games and gamification in healthcare: A meta-review [en línea]. 2023 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/info14020105>.

EDWARDS, E. A. et al. Gamification for health promotion: Systematic review of behaviour change techniques in smartphone apps [en línea]. 2016 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012447>.

ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, INC. The Britannica Dictionary: Video game [en línea]. s. f. [Consultado: 15 nov 2025]. Disponible en: <https://www.britannica.com/dictionary/video-game>.

ENTERTAINMENT SOFTWARE ASSOCIATION. Power of Play [en línea]. s. f. [Consultado: 15 nov 2025]. Disponible en: <https://www.theesa.com/wp-content/uploads/2025/09/PoP-2025-v10-web-spreads.pdf>.

GENTRY, S. V. et al. Serious gaming and gamification education in health professions: Systematic review [en línea]. 2019 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/12994>.

GITHUB. *About GitHub and Git* [en línea]. *GitHub Docs*, s. f. [Consultado: 9 jul 2026]. Disponible en: <https://docs.GitHub.com/en/get-started/start-your-journey/about-GitHub-and-Git>.

GOOGLE. Cloud Firestore [en línea]. *Firebase Documentation*. s. f. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: <https://Firebase.google.com/docs/firestore>.

GOOGLE. *Firebase Hosting* [en línea]. *Firebase Documentation*. s. f. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: <https://Firebase.google.com/docs/hosting>.

GOOGLE. *Google Forms: Online Form Builder* [en línea]. *Google Workspace*. s. f. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: <https://workspace.google.com/products/forms/>.

HERNÁNDEZ SALAZAR, E. Y. y BELTRÁN, C. A. *SCRUM: Un enfoque práctico de metodología ágil para la ingeniería de software* [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/15702>.

INKSCAPE WEBSITE DEVELOPERS. *Inkscape* [en línea]. 2024 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://www.inkscape.org/about/>.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. *Manual de bioseguridad del INS* [en línea]. 2023 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Normatividad/LineamientosGuiasProcedimiento/MNL-A01.0000-001%20-%20Manual%20de%20Bioseguridad%20del%20INS.pdf>.

MATAS, Antonio. *Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión* [en línea]. En: *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 2018, vol. 20, n.º 1, p. 38-47. [Consultado: 7 jul 2026]. Disponible en: <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>.

NOTION LABS, INC. *Notion Projects* [en línea]. s. f. [Consultado: 9 jul 2026]. Disponible en: <https://www.Notion.com/product/projects>.

RINCÓN CRUZ, Giovanna. *Entrevista realizada a la especialista Giovanna Rincón Cruz, docente de la Escuela de Microbiología y directora del Semillero de Investigación en Bacteriología (SIBAC) y Desarrollo de Videojuegos y Entornos Interactivos (DEVINTER)*, s. f.

RYAN, J. R. Legal aspects of biosecurity [en línea]. 2016 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802029-6.00010-4>.

SÁNCHEZ, D. R. Videogame-based training: The impact and interaction of videogame characteristics on *learning* outcomes [en línea]. 2022 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/mti6030019>.

UNIVERSIDAD EUROPEA. What does a biomedical engineer do? [en línea]. 2021 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://universidadeuropea.com/en/blog/what-does-biomedical-engineer-do/>.

VIDEO GAME INSIGHTS. The big game engines report of 2025 [en línea]. 2025 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://app.sensortower.com/vgi/insights/article/the-big-game-engines-report-of-2025>.

VLACHOGIANNI, P. y TSELIOS, N. Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS) [en línea]. 2021 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1867938>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Laboratory biosafety manual*. 4th ed. [en línea]. Geneva: World Health Organization, 2020. [Consultado: 9 jul 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>.

ZHONGGEN, Y. A meta-analysis of use of serious games in education over a decade [en línea]. 2019 [Consultado: 12 dic 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/4797032>.

ANEXOS

Anexo A. Historias de usuario terminadas del prototipo

Cuadro A1. Historias de usuario.

Épica	Código	Historia de usuario	Sprint	Puntos
Épica 1	HU-01	Como jugador quiero moverme libremente por el nivel usando controles móviles para explorar el laboratorio y acceder a los <i>puzzles</i> .	Sprint 1	12
Épica 1	HU-02	Como usuario quiero ver al personaje y su entorno cercano de manera clara para poder responder oportunamente al juego.	Sprint 1	5
Épica 1	HU-03	Como jugador quiero que mi personaje no atraviese paredes, mesas o equipos del laboratorio para que el entorno se sienta realista y coherente.	Sprint 1	2
Épica 1	HU-04	Como jugador quiero que el personaje no pueda salir del laboratorio para mantenerme dentro del área de juego.	Sprint 1	4
Épica 2	HU-05	Como jugador quiero interactuar con objetos del entorno para iniciar un <i>puzzle</i> educativo.	Sprint 1	8
Épica 2	HU-06	Como jugador quiero ver un tutorial cuando enfrente un <i>puzzle</i> por primera vez para entender qué hacer y por qué.	Sprint 1	3
Épica 2	HU-07	Como jugador quiero tener un	Sprint 1	13

Épica	Código	Historia de usuario	Sprint	Puntos
		<i>gameplay</i> interactivo al entrar al <i>puzzle</i> para resolver problemas que integren normas de laboratorio.		
Épica 2	HU-08	Como jugador quiero que los <i>puzzles</i> se resalten cuando me acerco a ellos para identificar claramente con qué elementos puedo interactuar.	Sprint 1	3
Épica 2	HU-09	Como jugador quiero que el <i>puzzle</i> finalice cuando complete o falle la tarea para continuar con el flujo del juego.	Sprint 1	2
Épica 2	HU-10	Como jugador quiero que al entrar al <i>puzzle</i> se cree un área jugable definida donde ocurrirá la interacción para quitar distracciones y cambiar mi atención al <i>gameplay</i> del <i>puzzle</i> .	Sprint 2	3
Épica 2	HU-11	Como jugador quiero interactuar con elementos simples dentro del <i>puzzle</i> para que exista una dinámica mínima que permita ganar o perder.	Sprint 2	5
Épica 2	HU-12	Como jugador quiero completar o fallar un <i>puzzle</i> de prueba y regresar al flujo principal para validar que todo el ciclo funciona correctamente.	Sprint 2	8
Épica 2	HU-13	Como jugador quiero entrar a un <i>puzzle</i> sencillo con una condición clara de victoria y derrota para comprobar el flujo completo del juego desde el inicio	Sprint 2	8

Épica	Código	Historia de usuario	Sprint	Puntos
		hasta el resultado final.		
Épica 3	HU-14	Como docente de laboratorio quiero que el sistema calcule el desempeño del estudiante con una fórmula cuantitativa para evaluar objetivamente su nivel de cumplimiento de normas de bioseguridad.	Sprint 2	5
Épica 3	HU-15	Como sistema quiero registrar métricas del minijuego y calcular automáticamente la calificación final para generar resultados consistentes y reutilizables en todos los <i>puzzles</i> .	Sprint 2	8
Épica 3	HU-16	Como docente quiero que el juego registre métricas estándar del desempeño para auditar y comparar el progreso del estudiante de forma objetiva.	Sprint 2	5
Épica 3	HU-17	Como docente quiero que el sistema distinga errores críticos de errores menores para que la evaluación penalice con realismo faltas graves de bioseguridad.	Sprint 2	5
Épica 3	HU-18	Como estudiante quiero recibir realimentación clara después de cada minijuego para comprender qué normas de bioseguridad cumplí o incumplí.	Sprint 2	8
Épica 3	HU-19	Como estudiante quiero ver una pantalla de resultados al	Sprint 2	5

Épica	Código	Historia de usuario	Sprint	Puntos
		finalizar un minijuego para conocer mi calificación, métricas y realimentación antes de continuar.		
Épica 3	HU-20	Como sistema quiero guardar localmente los resultados del estudiante para mantener consistencia del progreso y permitir consolidación final.	Sprint 2	5
Épica 4	HU-21	Como jugador quiero tener un sistema de vida limitado que disminuya ante errores para sentir presión y tomar decisiones estratégicas durante la partida.	Sprint 2	5
Épica 4	HU-22	Como jugador quiero tener un límite de tiempo visible para sentir urgencia y optimizar mis decisiones dentro de la partida.	Sprint 2	5
Épica 4	HU-23	Como sistema quiero finalizar la partida por tiempo o salud para mantener el desafío, tensión e interés del juego, dándole peso a sus decisiones.	Sprint 2	8
Épica 2	HU-24	Como jugador quiero que los <i>puzzles</i> puedan afectar mi salud cuando cometo errores para experimentar consecuencias que refuercen el aprendizaje y el desafío del juego.	Sprint 3	3
Épica 2	HU-25	Como jugador quiero acceder a una zona central donde pueda verificar mi progreso y activar la victoria	Sprint 3	8

Épica	Código	Historia de usuario	Sprint	Puntos
		para tener una referencia clara del estado del nivel.		
Épica 2	HU-26	Como estudiante de microbiología quiero resolver un <i>puzzle</i> interactivo basado en normas de bioseguridad para reforzar conocimientos mientras juego.	Sprint 3	13
Épica 2	HU-27	Como jugador quiero que el juego seleccione automáticamente las sustancias que debo calentar para que cada partida tenga variedad.	Sprint 3	3
Épica 2	HU-28	Como jugador quiero ver la etiqueta y simbología de laboratorio de cada sustancia para poder decidir cómo debe calentarse.	Sprint 3	2
Épica 2	HU-29	Como jugador quiero poder arrastrar las sustancias en pantalla para colocarlas sobre el mechero o el baño María y así seleccionar el método de calentamiento.	Sprint 3	5
Épica 2	HU-30	Como jugador quiero que las sustancias comiencen a calentarse cuando las coloco en el mechero o en el baño María para completar el proceso del minijuego.	Sprint 3	4
Épica 2	HU-31	Como sistema quiero verificar si el jugador eligió el método correcto de calentamiento para registrar el resultado de la acción.	Sprint 3	4

Épica	Código	Historia de usuario	Sprint	Puntos
Épica 2	HU-32	Como sistema quiero avanzar automáticamente a la siguiente sustancia cuando una ya ha sido calentada para continuar el desarrollo del minijuego.	Sprint 3	3
Épica 2	HU-33	Como sistema quiero tener zonas de interacción para el mechero y el baño María donde el jugador pueda colocar las sustancias para calentarlas.	Sprint 3	2
Épica 5	HU-34	Como jugador quiero ver una pantalla final al terminar todos los <i>puzzles</i> que muestre el resumen de mis resultados junto con una evaluación final.	Sprint 3	4
Épica 2	HU-35	Como desarrollador quiero configurar los <i>puzzles</i> directamente en el <i>Prefab Mode</i> y <i>spawnearlos</i> en el centro de la cámara para agilizar el diseño de niveles.	Sprint 4	5
Épica 9	HU-36	Como jugador quiero que el <i>gameplay</i> me muestre un tutorial únicamente la primera vez que lo juegue para tener una oportunidad justa de conocer el reto.	Sprint 4	3
Épica 11	HU-37	Como estudiante de Microbiología quiero seguir la secuencia normativa de limpieza de sangre para aprender el protocolo correcto de bioseguridad en el laboratorio.	Sprint 4	8
Épica 11	HU-38	Como estudiante quiero recibir un	Sprint 4	5

Épica	Código	Historia de usuario	Sprint	Puntos
		puntaje basado en mis aciertos y errores para evaluar mi conocimiento sobre el protocolo de bioseguridad.		
Épica 11	HU-39	Se desarrolló desde cero el minijuego Clasifica y Desecha, donde el jugador arrastra residuos hacia el contenedor correcto según su tipo.	Sprint 4	5
Épica 11	HU-40	Se integró el flujo completo del minijuego de residuos, incluyendo inicio, ejecución, validación de progreso y finalización.	Sprint 4	8
Épica 11	HU-41	Se mejoró el sistema existente del minijuego de calentamiento, incorporando mecánicas de temperatura, elección de método y control del estado del compuesto.	Sprint 4	5
Épica 11	HU-42	Se mejoró la lógica del minijuego de calentamiento con validación, daño del compuesto, <i>feedback</i> visual contextual y puntuación por acciones.	Sprint 4	3
Épica 12	HU-43	Como desarrollador quiero integrar todos los sistemas del minijuego en una escena funcional con <i>prefabs</i> y <i>placeholders</i> para validar la interacción completa entre componentes.	Sprint 4	8
Épica 5	HU-44	Como jugador quiero acceder a una sección de consulta de tutoriales fuera del <i>gameplay</i> para	Sprint 5	21

Épica	Código	Historia de usuario	Sprint	Puntos
		reforzar mi conocimiento de los protocolos ya ejecutados.		
Épica 8	HU-45	Como líder técnico quiero evaluar la interacción de estudiantes de microbiología con el sistema para identificar cuellos de botella, fallas percibidas y efectividad del feedback visual.	Sprint 5	8
Épica 11	HU-46	Como estudiante de Microbiología quiero interactuar con <i>puzzles</i> de selección y uso de EPP para aprender normas de bioseguridad ante situaciones cotidianas del laboratorio.	Sprint 5	13

Fuente: elaboración propia, con base en la exportación de historias de usuario del tablero de *Notion* del proyecto.

Anexo B. Evidencias metodológicas *RUP* + *SCRUM* por sprint

Este anexo relaciona las evidencias metodológicas generadas durante los cierres de sprint del proyecto *BioLimit*. Cada documento de cierre reúne información asociada a la planeación, ejecución y validación del incremento desarrollado, articulando las fases de *RUP* con la organización del trabajo mediante *SCRUM* Adaptado.

Los documentos completos de cierre de sprint se encuentran disponibles como anexos digitales en el repositorio público del proyecto. En el presente anexo se relacionan dichos documentos para facilitar su identificación, consulta y asociación con los incrementos desarrollados durante el proyecto, sin incorporarlos directamente al cuerpo del libro debido a su extensión.

Cuadro B1. Relación de evidencias metodológicas RUP + SCRUM por sprint.

Sprint	Documento asociado	Periodo	Enfoque principal del incremento
Sprint 1	Evidencia metodológica del Sprint 1, archivo anexo digital disponible en el repositorio.	14/Ene/2026 – 30/Ene/2026	Implementación de mecánicas base, movimiento del jugador, cámara y flujo inicial de interacción con <i>puzzles</i> .
Sprint 2	Evidencia metodológica del Sprint 2, archivo anexo digital disponible en el repositorio.	10/Feb/2026 – 24/Feb/2026	Desarrollo del flujo funcional del <i>gameplay</i> , sistema de salud, temporizador, victoria, derrota y arquitectura base de <i>puzzles</i> .
Sprint 3	Evidencia metodológica del Sprint 3, archivo anexo digital disponible en el repositorio.	07/Mar/2026 – 27/Mar/2026	Desarrollo del sistema modular de <i>puzzles</i> educativos, interacción, evaluación, daño, progreso y resultados.
Sprint 4	Evidencia metodológica del Sprint 4, archivo anexo digital disponible en el repositorio.	13/Abr/2026 – 26/Abr/2026	Implementación y mejora de minijuegos concretos, prefabs, validaciones y realimentación visual.
Sprint 5	Evidencia metodológica del Sprint 5, archivo anexo digital disponible en el repositorio.	07/May/2026 – 20/May/2026	Implementación del repositorio de tutoriales, minijuego de EPP y pruebas con estudiantes mediante formulario SUS.

Fuente: elaboración propia, con base en los documentos de cierre de sprint del proyecto.

Los archivos digitales asociados a este anexo pueden consultarse en la carpeta Docs/RUP del repositorio público del proyecto, conservando el mismo orden indicado en el Cuadro B1. Esta organización permite mantener disponibles las evidencias metodológicas sin afectar la extensión ni la legibilidad del documento principal.

Repositorio

del

proyecto:

https://GitHub.com/AndresFelipeMunozAguilar/Microbiology_VideoGame/tree/main/Documents/RUP

Anexo C. Diagramas técnicos ampliados del prototipo

Este anexo relaciona los diagramas técnicos ampliados elaborados durante el diseño e implementación del prototipo *BioLimit*. Debido a su extensión y nivel de detalle, los archivos se presentan como anexos digitales en el repositorio público del proyecto, con el fin de conservar su legibilidad y permitir la consulta en una escala adecuada.

Los diagramas complementan las versiones resumidas incluidas en el cuerpo principal del documento y permiten revisar con mayor detalle la arquitectura técnica, la estructura de clases, el flujo de interacción y los casos de uso del prototipo. Por esta razón, no se incorporan como imágenes completas dentro del documento, ya que su reducción afectaría la lectura de los elementos técnicos representados.

Cuadro C1. Relación de diagramas técnicos ampliados disponibles como anexos digitales.

Diagrama	Descripción	Archivo digital
Diagrama de casos de uso completo	Presenta las funcionalidades principales del jugador y la relación del prototipo con el docente o evaluador y <i>Firebase</i> .	CasosDeUsoCompleto.png
Diagrama de clases completo	Evidencia la estructura completa de clases, interfaces, managers, controladores y componentes implementados en el proyecto <i>Unity</i> .	DiagramaDeClasesCompleto.png
Diagrama de secuencia completo	Representa el flujo completo de interacción entre el jugador, el menú, la autenticación, los <i>puzzles</i> , la evaluación, la persistencia y la pantalla final.	DiagramaDeSecuenciaCompleto.png
Arquitectura técnica ampliada	Muestra la organización general de los módulos del videojuego, su relación con <i>Unity</i> , el almacenamiento local, <i>Firebase</i> y el panel web de resultados.	arquitecturaCompleta.png

Fuente: elaboración propia.

Nota. Los archivos se encuentran disponibles en la carpeta Docs del repositorio público del proyecto. Para una consulta adecuada se recomienda abrirlos directamente desde el repositorio o descargarlos, ya que el tamaño de los diagramas dificulta su visualización dentro del formato reducido del libro.

Repositorio del proyecto: [Microbiology_VideoGame - Docs](#)

Anexo D. Formulario de evaluación aplicado a los estudiantes

El presente anexo describe el formulario de evaluación aplicado a los estudiantes después de interactuar con el prototipo *BioLimit*. El instrumento fue elaborado en Google Forms y permitió recolectar información relacionada con la usabilidad percibida, la claridad de las instrucciones, la percepción de refuerzo de conceptos de bioseguridad y comentarios abiertos sobre la experiencia de juego.

El formulario incluyó una autorización para el tratamiento de datos personales con fines académicos, preguntas de control para identificar la versión del videojuego evaluada, los diez ítems del modelo System Usability Scale (SUS), dos preguntas complementarias de escala numérica y preguntas abiertas orientadas a identificar aspectos positivos y oportunidades de mejora. El formulario completo se conserva como anexo digital mediante el enlace indicado al final de este anexo.

Cuadro D1. Estructura del formulario de evaluación aplicado.

Sección	Contenido	Tipo de respuesta
Autorización para el tratamiento de datos personales	Texto de autorización institucional para el uso académico de la información recolectada y aceptación voluntaria del participante.	Selección: Sí / No
Datos de control	Registro del correo electrónico del participante y selección de la versión del juego evaluada.	Correo electrónico y lista desplegable
Ítems SUS	Diez afirmaciones orientadas a valorar la usabilidad percibida del prototipo.	Escala Likert de cinco niveles
Claridad de instrucciones	Pregunta sobre la claridad de las instrucciones presentadas durante la experiencia de juego.	Escala numérica de 1 a 5
Refuerzo de bioseguridad	Pregunta sobre la percepción de apoyo al refuerzo de conceptos de bioseguridad en laboratorio.	Escala numérica de 1 a 5
Preguntas abiertas	Preguntas sobre los aspectos más valorados del juego y los elementos que podrían mejorarse.	Respuesta abierta

Fuente: elaboración propia, con base en el formulario de evaluación aplicado a los estudiantes.

Cuadro D2. Ítems SUS incluidos en el formulario.

Ítem	Afirmación aplicada	Orientación
1	Creo que me gustaría usar este juego con frecuencia.	Positiva
2	Encontré el juego innecesariamente complejo.	Negativa
3	Pensé que el juego era fácil de usar.	Positiva
4	Creo que necesitaría ayuda de otra persona para poder usar este juego.	Negativa
5	Encontré que las funciones del juego estaban bien integradas.	Positiva
6	Pensé que había demasiada inconsistencia en el juego.	Negativa
7	Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este juego rápidamente.	Positiva
8	Encontré el juego difícil de usar.	Negativa
9	Me sentí muy seguro(a) usando el sistema.	Positiva
10	Necesité aprender muchas cosas antes de poder usar el juego.	Negativa

Fuente: elaboración propia, con base en el formulario de evaluación aplicado a los estudiantes.

Cuadro D3. Escala de respuesta usada para los ítems SUS.

Respuesta seleccionada	Valor asignado
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Neutral	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Fuente: elaboración propia, con base en la codificación utilizada para el análisis de respuestas.

Cuadro D4. Preguntas complementarias y abiertas incluidas en el formulario.

Pregunta	Tipo de respuesta	Propósito
¿Las instrucciones del juego fueron claras?	Escala numérica de 1 a 5	Valorar la claridad de las indicaciones entregadas al jugador.
¿Consideras que el juego ayuda a reforzar conceptos de bioseguridad en laboratorio?	Escala numérica de 1 a 5	Identificar la percepción de relación entre el videojuego y los contenidos de bioseguridad.
¿Qué fue lo que más te gustó del juego?	Respuesta abierta	Recoger elementos positivos percibidos por los estudiantes.
¿Qué le mejorarías al juego?	Respuesta abierta	Identificar oportunidades de mejora para futuras iteraciones del prototipo.

Fuente: elaboración propia, con base en el formulario de evaluación aplicado a los estudiantes.

Enlace digital al formulario:

<https://forms.gle/GyFoxZSW2nvVEogd8>

Nota: el formulario se conserva como anexo digital complementario debido a que fue aplicado mediante Google Forms. Para la entrega final, se recomienda verificar que el enlace mantenga permisos de consulta adecuados o exportar el formulario como PDF complementario.

Anexo E. Resultados consolidados del formulario de evaluación

Este anexo presenta la relación general de los resultados consolidados a partir del archivo de respuestas del formulario de evaluación aplicado a los estudiantes. Por confidencialidad, no se incluyen correos electrónicos ni datos personales de los participantes; el archivo completo de trabajo se conserva como anexo digital complementario.

Cuadro E1. Archivo digital asociado al análisis de resultados.

Archivo	Contenido	Uso dentro del anexo
RespuestasSUSBioLimit.xlsx	Respuestas del formulario, codificación de escala, cálculo SUS, resumen y detalles por versión.	Fuente de los indicadores consolidados incluidos en este anexo.

Fuente: elaboración propia, con base en el archivo de resultados del formulario de evaluación.

Cuadro E2. Indicadores generales consolidados del formulario de evaluación.

Indicador	Resultado
Total de respuestas analizadas	26
Promedio SUS general	81,15
Mediana SUS	77,5
Puntaje SUS mínimo	65
Puntaje SUS máximo	97,5
Promedio claridad de instrucciones	4,42
Promedio refuerzo de bioseguridad	4,88

Fuente: elaboración propia, con base en RespuestasSUSBioLimit.xlsx.

Cuadro E3. Resultados consolidados por versión evaluada.

Versión	n	Promedio SUS	Mediana	Mínimo	Máximo	Claridad promedio	Refuerzo promedio
Version_1	7	83,57	82,5	75	97,5	4,43	5,00
Version_2	7	83,21	90	65	97,5	4,43	4,86
Version_3	12	78,54	75	67,5	95	4,42	4,83
General	26	81,15	77,5	65	97,5	4,42	4,88

Fuente: elaboración propia, con base en RespuestasSUSBioLimit.xlsx.

Cuadro E4. Distribución de respuestas en preguntas complementarias.

Pregunta	Valor 5	Valor 4	Valor 3	Valores 1 y 2
Claridad de instrucciones	14 respuestas (53,85 %)	9 respuestas (34,62 %)	3 respuestas (11,54 %)	0 respuestas (0 %)
Refuerzo de conceptos de bioseguridad	23 respuestas (88,46 %)	3 respuestas (11,54 %)	0 respuestas (0 %)	0 respuestas (0 %)

Fuente: elaboración propia, con base en RespuestasSUSBioLimit.xlsx.

Anexo F. Evidencias de publicación, despliegue y almacenamiento externo

Este anexo relaciona las evidencias de publicación y despliegue externo del prototipo *BioLimit*. Se incluye la página de distribución del APK en *itch.io* y el panel web de consulta de resultados, conectado a los registros enviados desde *Unity* hacia *Firebase*.

Cuadro F1. Relación de evidencias externas del prototipo BioLimit.

Evidencia	Descripción	Medio	Enlace
Publicación del prototipo	Página de descarga del APK <i>BioLimit_v7.apk</i> y descripción del videojuego.	<i>itch.io</i>	https://fitman22.itch.io/BioLimit
Panel web de resultados	Panel de consulta de puntajes enviados desde <i>Unity</i> a <i>Firebase</i> .	<i>Firebase Hosting</i>	https://BioLimit-d81d3.web.app/

Fuente: elaboración propia.

Figura F1. Página de publicación del prototipo *BioLimit* en *itch.io*.



Unidad Industrial de Santander

BioLimit

El proyecto consiste en una experiencia educativa basada en minijuegos de laboratorio, donde el jugador aprende y practica procedimientos de bioseguridad a través de mecánicas visuales e interactivas tipo drag and drop.

Cada puzzle representa una situación concreta del entorno de laboratorio. En lugar de explicar las normas de forma teórica, el juego plantea problemas prácticos que el jugador debe resolver tomando decisiones correctas. Al interactuar con los objetos, el sistema evalúa si la acción fue adecuada, muestra retroalimentación y asigna un puntaje según el desempeño.

Una vez terminado el juego, por favor contesta el siguiente formulario:

[Formulario de experiencia](#)

[More information](#) ▾

Download

[Download](#) BioLimit_v7.apk 107 MB

Install instructions

Instrucciones de instalación en Android

1. Descarga el archivo APK del juego.
2. Abre el archivo descargado e instálalo.



Fuente: captura propia de la página pública de *BioLimit* en *itch.io*.

Figura F2. Panel web de consulta de resultados enviados desde *BioLimit*.

Resultados del juego de bioseguridad

Panel de consulta de puntajes enviados desde Unity a Firebase.

Registros

74

Promedio total

299.6

Mejor puntaje

402

Último envío

6/7/2026, 10:15:38 p. m.

Buscar por jugador, puzzle o rendimiento

Actualizar

Datos cargados

Fechas	Jugador	Nombre	Total	Puzzles	JSON
6/7/2026, 10:15:38 p. m.	232	Usuario	330	Waste_Sorting_Challenge Puntaje: 100 Mejor: 100 Rendimiento Sobresaliente ExpDressUp Puntaje: 100 Mejor: 100 Rendimiento Sobresaliente BloodStain Puntaje: 40 Mejor: 40 Rendimiento en Progreso Decontamination_Protocol Puntaje: 90 Mejor: 90 Rendimiento Sobresaliente	► Ver JSON
6/7/2026, 10:15:28 p. m.	232	Usuario	330	Waste_Sorting_Challenge Puntaje: 100 Mejor: 100 Rendimiento Sobresaliente	► Ver JSON

Fuente: captura propia del panel web desplegado en *Firebase Hosting*.

Enlace a la página de publicación del prototipo: <https://fitman22.itch.io/BioLimit>

Enlace al panel web de resultados: <https://BioLimit-d81d3.web.app/>

Anexo G. *Game Design Document* (GDD)

El presente anexo muestra el *Game Design Document* (GDD), que corresponde al instrumento principal durante la segunda fase del proyecto (Etapa de diseño), al permitir registrar el diseño de la propuesta interactiva. En este documento se pusieron por escrito, entre otros aspectos, la definición de las mecánicas principales, el bucle de juego (*Core loop*) y los datos de identidad general de la obra, tales como su título, vista, género, etc.

De igual manera, el GDD sirvió de base técnica para la planificación de *puzzles* para motivar la adaptación, mediante prueba y error. Este enfoque de entretenimiento busca incentivar en el usuario la experimentación constante, la corrección de fallas en entornos controlados y una toma de decisiones segura dentro del entorno virtual. A nivel macroscópico, el documento proporciona el soporte metodológico de las directrices conceptuales implementadas, detallando las fuentes de inspiración de títulos cuyas mecánicas motivan la persistencia y el reintento tras el fracaso. Finalmente, con el propósito de evidenciar la rigurosidad de este proceso de planeación, se anexan de manera subsecuente figuras seleccionadas que ilustran el contenido, así como una ruta para acceder a la completitud del documento.

Figura G1. Información general de *BioLimit* en el GDD.

Game Design Document (GDD)

1. Información General

- **Título del juego:** BIO-LIMIT
- **Género:** 2D, Arcade, Puzzle, Indie, Serious-game.
- **Plataforma objetivo:** Móvil.
- **Equipo de desarrollo:**
 - Andrés Felipe Muñoz Aguilar:
 - Game Designer
 - Programmer
 - Software Architect
 - Brandon David Jaimes Castro
 - Game Designer
 - Programmer
 - Software Architect

Fuente: elaboración propia.

Figura G2. Características de *BioLimit* en el GDD.

3. ¿Cómo se quiere hacer?

- **Motor de juego:** Unity 2D
- **Lenguaje principal:** C#
- **Estilo visual:** Smooth/Vector Graphics (Se debe hacer un moodboard)
- **Recursos:** Internos, gratuitos, comprados en asset store, propios, etc.
- **Limitaciones:** presupuesto, tamaño del equipo, tiempo

Fuente: elaboración propia.

Figura G3. Bucle principal de *BioLimit* en el GDD.

5. Core Loop

En resumen, el ciclo principal de jugabilidad que se repite constantemente y mantiene al jugador enganchado es: Explorar mapa libremente → Resolver minijuego de microbiología → Recibir retroalimentación visual/sonora/narrativa → Descubrir nueva zona con más retos → Repetir ciclo hasta llegar al final y recibir retroalimentación final (resumen del desempeño en el "informe de laboratorio").

Fuente: elaboración propia.

Figura G4. Definición de *puzzle* para *BioLimit* en el GDD.

6.1. Puzzles

El videojuego incorporará un **sistema de puzzles distribuidos a lo largo de cada nivel**, diseñados como desafíos puntuales e independientes entre sí. Estos puzzles no estarán interconectados de forma directa, lo que permite que cada uno funcione como una **unidad de gameplay autocontenida**, facilitando la reutilización, el balance y la iteración rápida durante el desarrollo. Cada puzzle representará una situación concreta de bioseguridad trasladada a una mecánica jugable clara y entendible. Estos puzzles se pretende que se escojan de una "pool" que corresponde a un conjunto de puzzles donde se encuentran todos los puzzles diseñados para un nivel en concreto. De esta se seleccionará aleatoriamente un subconjunto de puzzles que se mostrarán en el nivel, para dar variedad a los retos que enfrenta el jugador.

El flujo de ejecución de un puzzle seguirá una estructura definida. **En la primera interacción**, el juego desplegará un **tutorial contextual** que explique de manera breve cómo se resuelve el desafío, utilizando texto claro y apoyos visuales. Una vez completado este tutorial inicial, el jugador procederá a resolver el puzzle mediante

Fuente: elaboración propia.

Enlace al GDD: [Google Drive - Game Design Document - BioLimit](#)

Anexo H. Normas generales de bioseguridad y Normas usadas en *BioLimit*

El presente anexo muestra dos documentos importantes en el proceso de analizar y determinar las normas de bioseguridad que entrarían dentro del alcance del videojuego. Estos son: El documento de Normas Generales de Bioseguridad, que presenta normas de bioseguridad que se aplican actualmente (Al momento de escribir este documento) en los laboratorios de microbiología de la UIS; y el documento de Normas usadas en *BioLimit*, que muestra cómo se organizaron ciertas ideas (Que se concibieron mediante una lluvia de ideas) para ser consideradas como potenciales normas que se usarían en el videojuego final.

Estos documentos pueden encontrarse en los siguientes sitios web:

- [Normas Generales de Bioseguridad](#)
- [Normas de Bioseguridad Usadas en el Videojuego](#)

Normas Generales de Bioseguridad

Figura H1. Normas Generales de Bioseguridad: Materia prima de definición de Normas de Bioseguridad.

NORMAS GENERALES DE BIOSEGURIDAD

Bioseguridad. Son las prácticas que tienen por objeto eliminar o minimizar el factor de riesgo que pueda llegar a afectar la salud o la vida de las personas o que pueda contaminar el ambiente (Ministerio de la Protección Social, 2004).

Estos agentes físicos, biológicos, químicos y radioactivos, constituyen una amenaza para los docentes, estudiantes, técnicos, pacientes (si es el caso) y el ambiente.

Son de obligatorio cumplimiento, no se admite ningún tipo de excusa por su incumplimiento o desconocimiento.

Es indispensable conocer la práctica que se desarrollará en el laboratorio, los agentes y productos químicos a los cuales estará expuesto, los equipos que se utilizarán, los elementos de protección personal que debe usar específicamente y las medidas a tomar en caso de un accidente. Por tanto, se deben aplicar y verificar las siguientes normas básicas:

- 1) Solo podrá acceder al laboratorio, el personal que desarrolle una actividad de docencia, investigación, extensión o administrativa debidamente autorizado.
- 2) Ingrese al laboratorio con zapatos cerrados y pantalón largo (preferiblemente) o falda larga.
- 3) Guarde sus pertenencias en las casillas ubicadas en el área externa de los laboratorios e ingrese únicamente con el material necesario para desarrollar la actividad, por ejemplo, guantes, gafas, bata, tapabocas...etc. Utilícelos de forma correcta.

Fuente: Docente Giovanna Rincón Cruz, profesional especialista de Microbiología y Bioanálisis

Figura H2. Normas Generales de Bioseguridad: Materia prima de definición de Normas de Bioseguridad (Página 2).

- 12) Limpie y desinfecte el área de trabajo cada vez que se produzca un derrame de tipo biológico o químico. Consulte el protocolo de desinfección o de neutralización.
- 13) Descarte todo los elementos desechables que haya utilizado y estén contaminados, en el contenedor de riesgo biológico (color rojo). Limpie con agua, jabón y alcohol 70% el lapicero o marcador de vidrio utilizado, en caso de haberse contaminado con material biológico o químico.
- 14) Al salir del laboratorio, lave sus manos, utilizando el procedimiento disponible en el laboratorio.
- 15) Guarde su bata al salir del laboratorio en una bolsa. No ingrese con la bata puesta a ninguna dependencia diferente a los laboratorios, ejemplo: cafeterías.
- 16) Desinfecte su bata de laboratorio en una solución de hipoclorito (concentración máxima: 500 ppm). No lave la ropa que usó en el laboratorio junto con su ropa normal de vestir.
- 17) En caso de un accidente (contacto con material contaminado, inhalación, pinchazo, cortadura...etc.), siga las indicaciones del manual de accidente de riesgo biológico y químico. Si aplica, utilice los equipos de seguridad disponibles en cada laboratorio, como por ejemplo, las duchas para el cuerpo y para los ojos. Informe inmediatamente a su profesor, Director de la Escuela y a la División de Bienestar Universitario.

Fuente: Docente Giovanna Rincón Cruz, profesional especialista de Microbiología y Bioanálisis

Normas de Bioseguridad Usadas en el Videojuego

Figura H3. Normas de Bioseguridad Usadas en el Videojuego: Definición primitiva del puzzle *EppDressUp*.

Normas de Bioseguridad usadas en el videojuego

|

1.Minijuego

2) Ingrese al laboratorio con zapatos cerrados y pantalón largo (preferiblemente) o falda larga

3) Guarde sus pertenencias en las casillas ubicadas en el área externa de los laboratorios e ingrese únicamente con el material necesario para desarrollar la actividad, por ejemplo, guantes, gafas, bata, tapabocas...etc. Utilizarlos de forma correcta.

10) Utilice los elementos de protección personal que requiera, teniendo en cuenta el procedimiento a seguir.

Posible Minijuego (Alta): minijuego de vestir básico al iniciar donde deba ponerse ropa y equipo de protección a la vez así se podrían condensar estas 3 normas en un solo minijuego si durante un experimento le cae algo por no usar equipo de protección se quemara la piel expuesta por no usarlo

Las mínimas barreras que deben ser utilizadas son:

- Bata
- Guantes
- Tapabocas.
- Gorro
- Gafas
- Careta
- Peto

Fuente: elaboración propia.

Figura H4. Normas de Bioseguridad Usadas en el Videojuego: Definición primitiva del *puzzle BloodStain*.

2. Minijuego

12) Limpie y desinfecte el área de trabajo cada vez que se produzca un derrame de tipo biológico o químico. Consulte el protocolo de desinfección o de neutralización.
Posible Minijuego(Alta): Minijuego de limpiar desastres o derrames químicos en una mesa de trabajo de no hacerlo podría ocasionar una reacción o daño al personaje.

Posibles líquidos que se derramarían en un laboratorio:

1. **Fluidos corporales:** Urocultivos, muestras coprológicas, sudor, sangre, caspa, etc.
 2. **Químicos:** Cristal violeta de Gram, lugol, fucsina, reactivo de Wright
 3. **Líquidos inflamables:** Alcohol, gasolina y acetona
 4. Durante una práctica puede ocurrir el derrame de un líquido junto con la ruptura de material de vidrio.
-
-

7. PROTOCOLO DE LIMPIEZA DE AGENTES

- a. **Limpieza de Sangre, suero y plasma:** La técnica de contención consiste en cubrir el derrame con **papel absorbente**, para evitar que el líquido se extienda. Sobre este material se aplica **hipoclorito de sodio a una concentración de 10,000 ppm (1.0%)**, asegurando un tiempo de contacto de 15 a 30 minutos. Es fundamental **no verter el desinfectante directamente sobre la sangre líquida**, ya que la reacción puede generar aerosoles y salpicaduras. Finalmente, limpiar nuevamente la superficie con **desinfectante (Hipoclorito)** a la misma concentración y lave con **agua y jabón**.

Fuente: elaboración propia.

Figura H5. Normas de Bioseguridad Usadas en el Videojuego: Definición primitiva del *puzzle WasteSortingChallenge*.

3.Minijuego

13) Descarte todo los elementos desechables que haya utilizado y estén contaminados, en el contenedor de riesgo biológico (color rojo). Limpie con agua, jabón y alcohol 70% el lapicero o marcador de vidrio utilizado, en caso de haberse contaminado con material biológico o químico.

2-10) Para descartar cualquier producto químico líquido o sólido debe hacerlo en el recipiente rotulado como "RESIDUO QUÍMICO PELIGROSO", que se haya destinado para eliminar ese producto.

Posible Minijuego(Alta): Desechar residuos según su demarcación o tipo en el recipiente adecuado.

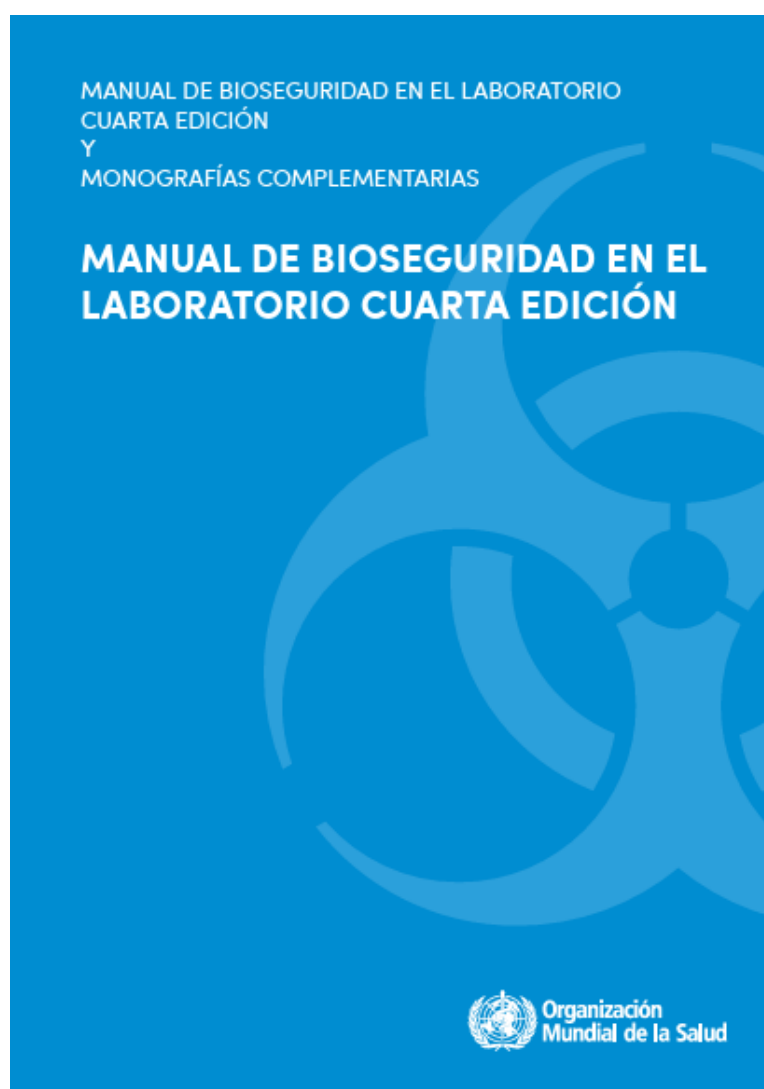
Fuente: elaboración propia.

Otras normas y figuras han sido, pues ya se han mostrado suficientes ejemplos del proceso y, esto ayuda a mantener el documento ordenado y ligero.

Anexo I. Cuarta edición del Manual de Bioseguridad en el Laboratorio

El presente anexo muestra la cuarta edición del Manual de Bioseguridad en el Laboratorio. Este documento cumple una función de refuerzo autoritativo a aquellos refuerzos surgidos a partir de cuestiones sobre las normas de bioseguridad apropiadas en el videojuego. El documento puede consultarse en el siguiente enlace: [Cuarta edición del Manual de Bioseguridad en el Laboratorio](#).

Figura I1. Manual de Bioseguridad en el Laboratorio - Cuarta edición.



Fuente: Organización Mundial de la Salud