

DISEÑO PRELIMINAR DE UN SISTEMA DE REALIDAD EXTENDIDA EN LA INSTRUCCIÓN Y/O ENTRENAMIENTO DE EXPLOSIVOS, PARA LA ESCUELA DE INGENIEROS

Fecha de recepción: 27 de diciembre de 2024

Fecha de aceptación: 28 de febrero de 2025

CAP. Crystian Vega Aguilera¹

Resumen: el presente artículo desarrolla un sistema de realidad extendida para la instrucción y entrenamiento en manipulación de explosivos para la Escuela de Ingenieros del Ejército de Chile. Su objetivo es permitir los entrenamientos ilimitados, sin las trabas de disponibilidad de explosivos y necesidades de espacios especializados. La investigación propone que la implementación de tecnologías de realidad extendida proporciona un entorno inmersivo y seguro, permitiendo la práctica repetida de procedimientos complejos sin los riesgos reales. El sistema integra el Oculus Meta Quest 2 y dispositivos Android, con la utilización de un software para modelado 3D y un motor gráfico Unreal Engine para el desarrollo de escenarios, utilizando la ingeniería de sistemas. Abarcando desde el análisis de requisitos hasta la validación final, se logra concluir que el sistema representa un avance en la modernización de los métodos de entrenamiento militar, ofreciendo una solución adaptable y sin restricciones para la manipulación de explosivos.

Palabras clave: estrategia, control de gestión, indicadores de desempeño, interfaz gráfica, análisis gráfico.

PRELIMINARY DESIGN OF AN EXTENDED REALITY SYSTEM FOR EXPLOSIVES INSTRUCTION AND/OR TRAINING AT THE ARMY ENGINEERING SCHOOL

Abstract: this paper develops an extended reality system for instruction and training in explosives handling for the School of Engineers of the

¹ Oficial del Ejército de Chile, Ingeniero Politécnico Militar mención Sistemas de Armas de la Academia Politécnica Militar del Ejército de Chile. Actualmente desempeña labores como alumno en la Academia Politécnica Aeronáutica de la Fuerza Aérea de Chile. Email: crystian.vega@ejercito.cl



Chilean Army. Its objective is to allow unlimited training, without the limitations of explosives availability and specialized space requirements. The research proposes that the implementation of extended reality technologies provides an immersive and safe environment, allowing the repeated practice of complex procedures without real risks. The system integrates the Oculus Meta Quest 2 and Android devices, with the use of 3D modeling software and an Unreal Engine graphics engine for scenario development, using Systems Engineering. Covering from the requirements analysis to the final validation. Concluding that the system represents an advance in the modernization of military training methods, offering an adaptable and unrestricted solution for the handling of explosives.

Key words: *strategy, management control, key performance indicators, graphical interface, graphical analysis.*

1. INTRODUCCIÓN

La manipulación segura y eficiente de explosivos es una competencia crítica para los militares pertenecientes al Arma de Ingenieros. Sin embargo, los métodos tradicionales de instrucción en este campo enfrentan desafíos significativos, incluyendo riesgos de seguridad, altos costos y limitaciones logísticas.

En respuesta a estos desafíos, las tecnologías emergentes, particularmente la realidad extendida (RE), ofrecen una posibilidad para revolucionar la instrucción y entrenamiento militar en esta área.

La relevancia de este proyecto radica en su potencial para transformar la forma en que se imparte la instrucción en manipulación de explosivos, aprovechando las capacidades inmersivas de la RE para aumentar la retención del conocimiento y mejorar la confianza de los estudiantes en sus habilidades.

Metodológicamente, este artículo está basado en los principios de la ingeniería de sistemas, empleando un enfoque estructurado que abarca desde el análisis de requisitos hasta el diseño preliminar y la validación del sistema propuesto.

2. DESARROLLO

2.1. Planteamiento del problema

Para determinar el problema específico relacionado con el tema de estudio, se interactuó con personal de la Escuela de Ingenieros, introduciendo el tema y, después



de una lluvia de ideas,² aplicar un cuestionario de preguntas cerradas,³ como así también la solicitud de documentación e información de suma relevancia para el desarrollo de la investigación y análisis.

Paralelamente, será empleada la metodología CEPAL, que involucra un enfoque sistémico para determinar el problema central, es por ello que los pasos que se deben considerar son los siguientes: la definición clara del problema, análisis de las causas y efectos, identificación del objetivo (del general y los medios en diferentes niveles), la identificación de las alternativas de solución y la selección de la alternativa óptima.

- A. Identificación del problema central, el cual corresponde a: falta de herramientas tecnológicas en la instrucción de manipulación de explosivos.
- B. Alternativas de solución y selección de la alternativa óptima. Utilizando un panel de expertos con los conocimientos y experiencia tanto en el área de manipulación de explosivos como también en el área de desarrollo de videojuegos y simulación 3D, como así también la implementación de un método de selección jerárquico analítico, la alternativa seleccionada para dar solución al problema planteado es “Diseñar un sistema de realidad extendida en la instrucción y/o entrenamiento de explosivos”.

2.2. Metodología

El desarrollo del presente artículo adoptará una metodología estructurada en dos etapas. La primera fase se centra en un análisis exhaustivo del estado actual de los sistemas de instrucción y entrenamiento de explosivos en el Ejército de Chile, así como el desarrollo de tecnologías a nivel internacional, mediante un enfoque descriptivo analítico para identificar áreas críticas para la innovación. La segunda etapa avanzará hacia el diseño y desarrollo de una solución al problema planteado, utilizando los principios de ingeniería de sistemas y la metodología de descomposición descendente *top-down*.⁴

2.3. Secuencia metodológica

Siguiendo la estructura metodológica establecida previamente y tomando como guía el marco teórico presentado en “La secuencia metodológica en los proyectos

2 Herramienta desarrollada por el publicista Alex Osborn en 1939, donde detalla “Cómo organizar a un equipo para crear ideas” (Osborn, 1939, p. 265).

3 “Son aquellos que establecen previamente las opciones de respuesta que puede elegir el encuestado” (Arias F., 2012, p. 74).

4 Esta metodología consiste en dividir un problema en subproblemas menores, que luego se pueden dividir aún más, hasta obtener subproblemas que sean manejables y fáciles de resolver.



de memoria del CRIM de la ACAPOMIL” (Suazo, 2019), se ha delineado una serie de etapas clave para el diseño y ejecución del sistema propuesto. Esta garantiza el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados, contribuyendo así al logro del objetivo general y, por ende, ofreciendo una solución a la problemática central del estudio.

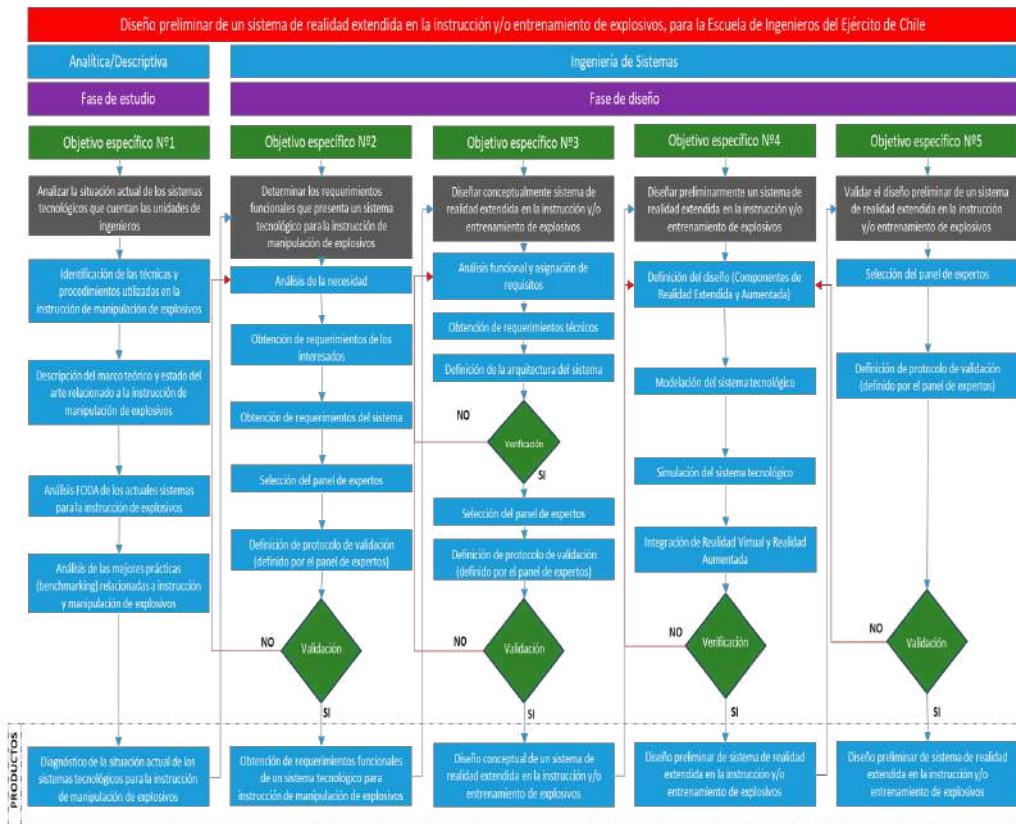


Figura N° 1: Secuencia metodológica.

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Requerimiento de los stakeholders

“El éxito de los proyectos depende de que se satisfagan las necesidades y requerimientos de las partes interesadas a lo largo de todo el ciclo de vida” (INCOSE, 2015).

A partir de la brecha identificada y por medio de un trabajo colaborativo con las partes interesadas, es posible obtener los requerimientos de los stakeholders, utilizando como guía lo señalado en el libro “System Engineering Handbook” (NASA, 2007).



- A. Permitir la simulación realista de una detonación por vía eléctrica.
- B. Permitir una interacción natural e intuitiva.
- C. Proporcionar diferentes escenarios.
- D. Realizar evaluación del desempeño.
- E. Entregar modelos 3D con información.
- F. Contar con video explicativo del procedimiento.
- G. Poseer manual de usuario
- H. Escalable y adaptable.
- I. Incluir descripción de procedimiento.
- J. Contar con mecanismo de seguridad de acceso.
- K. Funcionalidad en todas las unidades del Ejército de Chile.
- L. Funcionar con energía propia.
- M. Operable por una sola persona.

2.5. Requerimientos del sistema

Posterior a la recopilación y clasificación de los requerimientos de los usuarios y de acuerdo con la secuencia metodológica definida previamente, corresponde *“transformar el punto de vista de las partes interesadas, orientado al usuario, de las capacidades deseadas en un punto de vista técnico de una solución que satisfaga las necesidades operacionales del usuario”* (INCOSE, 2015).

Esta transformación implica un cambio de perspectiva, pasando de una visión centrada en el “qué se necesita” a una visión centrada en el “cómo se puede lograr”.

- A. El sistema deberá proporcionar una simulación realista del entorno y de la detonación.
- B. El sistema deberá permitir una interacción intuitiva con los elementos virtuales.
- C. El sistema deberá ofrecer una variedad de escenarios de entrenamiento.
- D. El sistema deberá evaluar el desempeño del usuario durante el entrenamiento.
- E. El sistema deberá incluir modelos 3D informativos de los elementos de detonación.
- F. El sistema deberá poseer fuente de alimentación autónoma de energía.
- G. El sistema deberá incluir un manual de usuario.
- H. El sistema deberá tener una arquitectura modular y escalable.
- I. El sistema deberá detallar el procedimiento de detonación vía eléctrica.
- J. El sistema deberá requerir autenticación de usuario.

La herramienta que permite ver la relación entre los requerimientos de los *stakeholders* y los del sistema, en cuanto a su importancia, es la “Casa de la Calidad (HOQ)” .

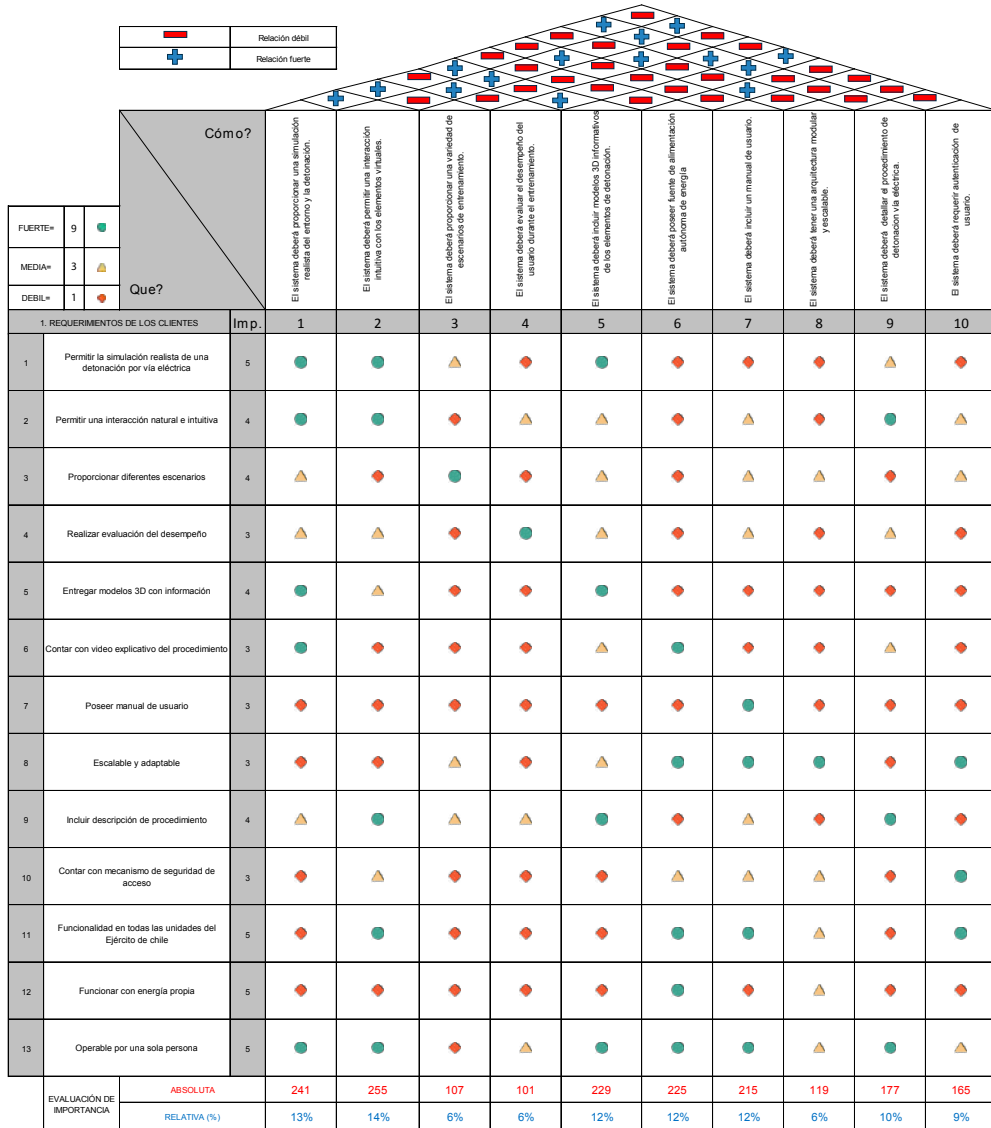


Figura N° 2: Matriz Casa de la Calidad.

Fuente: Elaboración propia en base a la Casa de la Calidad.

2.6. Requerimientos funcionales del sistema

Tomando como base de desarrollo la Ingeniería de Sistemas y tal como se describe en el libro “Systems Engineering Management” (Blanchard, 2016), “es necesario traducir los requerimientos de alto nivel del sistema en funciones específicas y medibles. Este proceso, conocido como análisis funcional, permite una mejor comprensión de



Diseño preliminar de un sistema de realidad extendida en la instrucción y/o entrenamiento de explosivos, para la...

las acciones que el sistema debe realizar para cumplir con su propósito y proporciona la base para un diseño modular y escalable”.

Para obtener los requerimientos funcionales del sistema, se utilizará nuevamente la herramienta de la “Casa de la Calidad (HOQ)”, dado que con ella se pueden establecer las relaciones entre los requerimientos del sistema con los requerimientos funcionales, obteniendo los siguientes:

- A. Generar un entorno virtual
- B. Ejecutar procedimiento de detonación vía eléctrica
- C. Funcionar con batería interna o externa
- D. Permitir acceso con autenticación de usuario

2.7. Diseño conceptual

2.7.1. Análisis funcional

Para representar visualmente la descomposición funcional del sistema de realidad extendida, se ha desarrollado un Diagrama de Bloques de Flujo Funcional (FFBD), permitiendo visualizar las relaciones entre las funciones y subfunciones del sistema, facilitando la comprensión de cómo estas interactúan y contribuyen al funcionamiento global del sistema.

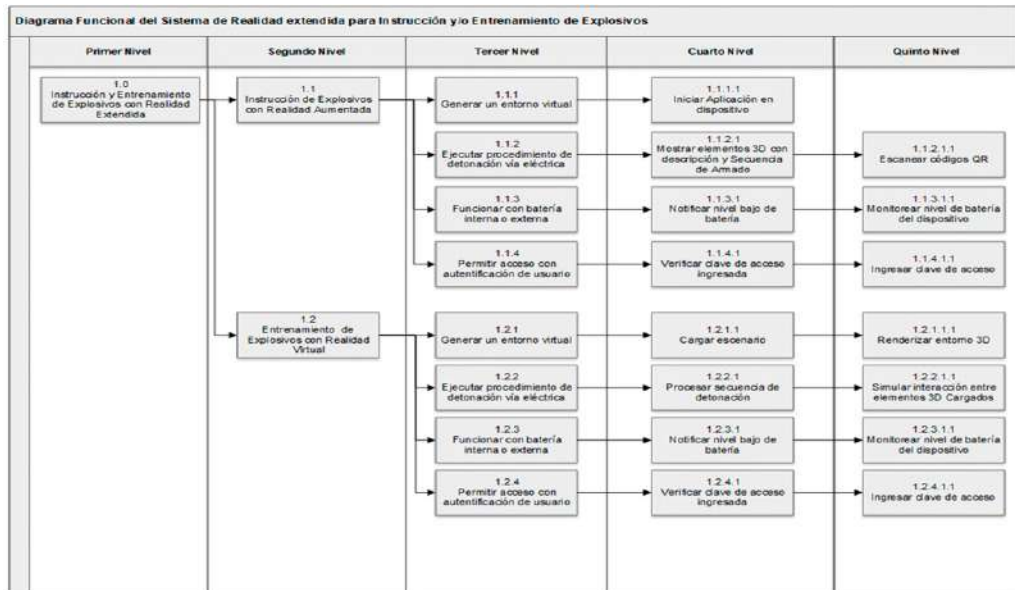


Figura N° 3: Diagrama de bloques de flujo funcional (FFBD).

Fuente: Elaboración propia.



2.7.2. Requerimientos técnicos

Para traducir las funciones y subfunciones definidas en el análisis funcional del sistema de realidad extendida para entrenamiento en explosivos a un enfoque técnico, utilizaremos la “Hoja de Asignación de Requerimientos” (RAS).⁵ Esta herramienta, como se describe en “Systems Engineering Fundamentals” (Department of Defense, 2001), *“documenta la conexión entre las funciones asignadas, el rendimiento asignado y el sistema físico”*.

- A. El sistema deberá inicializar rápida y establemente la aplicación de realidad aumentada en el dispositivo del usuario.
- B. El sistema deberá presentar al usuario los elementos 3D del sistema de detonación eléctrica, con descripciones detalladas y guiar al usuario a través de la secuencia de armado de los elementos.
- C. El sistema deberá permitir que el usuario escanee códigos QR asociados a los elementos de detonación eléctrica para obtener información adicional.
- D. El sistema deberá monitorear el nivel de carga de la batería del dispositivo y notificar al usuario cuando el nivel esté bajo.
- E. El sistema deberá validar la autenticidad de la clave de acceso ingresada por el usuario para conceder o denegar el acceso.
- F. El sistema deberá permitir que el usuario ingrese su clave de acceso para iniciar el proceso de autenticación.
- G. El sistema deberá cargar un escenario 3D realista y funcional para el entrenamiento en explosivos.
- H. El sistema deberá renderizar el entorno 3D cargado de manera realista y funcional para el entrenamiento en explosivos.
- I. El sistema deberá procesar la secuencia de activación de los elementos 3D del sistema de detonación eléctrica.
- J. El sistema deberá simular de manera realista la interacción y secuencia de activación de los elementos 3D del sistema de detonación eléctrica.

2.7.3. Arquitectura del sistema

Con los requerimientos técnicos ya definidos, es necesario establecer relaciones entre las funciones previamente definidas. Para lograr estas relaciones y obtener una arquitectura del sistema en desarrollo, se realizará un análisis de las funciones por intermedio de una matriz de estructura de diseño (DSM),⁶ permitiendo iden-

⁵ Sigla del inglés “Requirements Allocation Sheet”.

⁶ Sigla del inglés Design Structure Matrix.



SISTEMA DE REALIDAD EXTENDIDA PARA LA INSTRUCCIÓN Y/O ENTRENAMIENTO DE EXPLOSIVOS		
SUBSISTEMAS		COMPONENTES
Subsistema de realidad virtual para el entrenamiento de explosivos	Subsistema de motor de simulación	Módulo de realidad virtual
		Módulo de entrenamiento de procedimiento de detonación vía eléctrica
	Subsistema de funcionamiento	Módulo de alimentación con batería interna/externa
		Módulo de autenticación de usuario

Tabla N° 1: Arquitectura física del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

2.8. Diseño preliminar

El sistema de realidad extendida para la instrucción y entrenamiento en manipulación de explosivos se forma a partir de dos subsistemas: Realidad Aumentada (RA) para la instrucción y Realidad Virtual (RV) para el entrenamiento práctico.

La instrucción en realidad aumentada será desarrollada para su utilización en un dispositivo móvil con sistema operativo Android,⁷ permitiendo al usuario su acceso por medio de un código de seguridad, activando la cámara del dispositivo para poder escanear un código QR⁸ desde imágenes diseñadas para esta finalidad, las que mostrarán modelos 3D de cada elemento del circuito de detonación vía eléctrica, con su información respectiva, siendo, como última imagen, la que permite observar el procedimiento completo de detonación vía eléctrica.

Continuando con la secuencia, posterior a la instrucción, corresponde el entrenamiento, el cual podrá ser realizado de forma repetitiva y las veces que sea necesario, al igual que la primera etapa de instrucción. El entrenamiento exige la utilización de lentes de realidad virtual, permitiendo una inmersiva ambientada en un contexto militar.

Como primer escenario, previo a la autenticación por medio de un código de acceso, el usuario deberá seleccionar y cargar todos los elementos necesarios para ejecutar una detonación de explosivos por vía eléctrica en un bolso explosivista, iniciando de esta forma la misión de destrucción de una vía férrea, impidiendo el avance de un tren.

⁷ Android es un sistema operativo gratuito y de código abierto diseñado para todos los dispositivos móviles inteligentes.

⁸ Un código QR es un tipo de código de barras bidimensionales que solo se puede leer con teléfonos inteligentes u otros dispositivos dedicados a la lectura de estos códigos, conectando directamente a una imagen, animación o sitio web.



Ambas aplicaciones fueron desarrolladas utilizando el motor gráfico⁹ Unreal Engine y el software de modelación Blender 3D, en conjunto con la empresa DTS (Desarrollo de Tecnologías y Sistemas).

2.8.1. Selección de componentes

La selección de los componentes del sistema conforme a las necesidades de los usuarios y al análisis de las opciones disponibles en el mercado, permitirá un adecuado desarrollo del sistema tanto en realidad aumentada como virtual, teniendo como referencia que la realidad aumentada requiere de un entorno predefinido para su uso, ya que modifica la realidad, añadiendo imágenes virtuales a la imagen real; mientras que la realidad virtual transforma totalmente la realidad, sin requerir de una proyección de imágenes en un entorno, sumergiendo al operador en un mundo virtual. Esta diferencia permite priorizar un lente de realidad virtual por sobre uno con realidad aumentada.

Analizados los datos técnicos de cada lente de realidad virtual y confrontándolos con los requerimientos de los usuarios, es posible asignarles valores por medio de la utilización de una escala de Saaty, como sigue:

- A. Igual importancia: 1
- B. Importancia moderada: 3
- C. Importancia grande: 5
- D. Importancia muy grande: 7

Conforme a la escala señalada previamente y aplicando estos valores a la tabla N° 2, se obtienen los siguientes resultados:

PARÁMETRO	MODELO LENTE REALIDAD VIRTUAL						
	META QUEST 2	PLAYSTATION VR2	PICO 4	HTC VIVE PRO 2	HP REVERB G2	PIMAX 8K X	VALVE INDEX
EMPRESA	Meta	Sony	ByteDance	HTC	HP	Pimax	Valve
AÑO	2020	2023	2022	2021	2020	2020	2019
RESOLUCIÓN	1.832 x 1.920	2.000 x 2.040	2.160 x 2.160	2.448 x 2.448	2.160 x 2.160	3.840 x 2.160	1.440 x 1.600

9 Motor gráfico: software utilizado para crear y renderizar gráficos en tiempo real, permitiendo crear un entorno interactivo y visualmente atractivo.



PARÁMETRO	MODELO LENTE REALIDAD VIRTUAL						
	META QUEST 2	PLAYSTATION VR2	PICO 4	HTC VIVE PRO 2	HP REVERB G2	PIMAX 8K X	VALVE INDEX
TASA DE REFRESCO	Hasta 120 Hz	90/120 Hz	90 Hz	90/120 Hz	90 Hz	75/90 Hz	Up to 144 Hz
PRECIO (USD)	\$299 (128 GB)	\$549	\$429	\$799	\$599	\$1.299	\$999
PESO	503 gramos	560 gramos	586 gramos	850 gramos	550 gramos	982 gramos	809 gramos
AUDIO	Integrado, opción 3.5 mm	Integrado	Integrado	Integrado, desmontable	Integrado, desmontable	Requiere auriculares	Off-Ear
CONECTIVIDAD	Wi-Fi, Bluetooth, USB-C	USB-C a PS5	Wi-Fi, Bluetooth	Display-Port, USB	Display-Port, USB	Display-Port, USB	Display-Port, USB
ALMACENAMIENTO	128 GB / 512 GB	Usa PS5	128 GB / 256 GB	Usa PC	Usa PC	Usa PC	Usa PC
ALIMENTACIÓN	Batería propia	Cable a PS5	Batería propia	Cable a PC	Cable a PC	Cable a PC	Cable a PC
PARÁMETRO	MODELO LENTE REALIDAD VIRTUAL						
	META QUEST 2	PLAYSTATION VR2	PICO 4	HTC VIVE PRO 2	HP REVERB G2	PIMAX 8K X	VALVE INDEX
EMPRESA	1	1	1	1	1	1	1
AÑO	5	7	7	5	5	5	3
RESOLUCIÓN	3	5	5	7	5	7	1
TASA DE REFRESCO	7	7	5	7	5	3	7
PRECIO (USD)	7	3	5	1	3	1	1
PESO	7	5	5	1	5	1	3
AUDIO	5	5	5	7	7	3	7
CONECTIVIDAD	7	3	7	5	5	5	5
ALMACENAMIENTO	7	1	7	1	1	1	1
ALIMENTACIÓN	7	1	7	1	1	1	1
TOTAL	56	38	54	36	38	28	30

Tabla N° 2: Aplicación de escala de Saaty.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos por medio de la tabla comparativa, los lentes seleccionados para la implementación del subsistema de realidad virtual, con 56 puntos,



Diseño preliminar de un sistema de realidad extendida en la instrucción y/o entrenamiento de explosivos, para la...

son los Oculus Meta Quest 2. Para la implementación del subsistema de realidad aumentada es posible la utilización de cualquier dispositivo móvil que cuente con sistema operativo Android con una versión igual o superior a la 8.0.

2.8.2. Modelación del sistema

El proceso de modelación implica la creación digital de todos los elementos y escenarios a utilizar tanto en la instrucción con realidad aumentada como en la instrucción con realidad virtual.

Para este proceso, fue empleado el software computacional Blender y el escáner 3D marca “Peel3D”, el cual se encuentra disponible en la Academia Politécnica Militar, siendo utilizado para la digitalización de dos elementos del circuito de detonación, con la finalidad de entregar mayor realismo al proceso de instrucción y/o entrenamiento, los cuales son el galvanómetro y explosor, elementos que fueron facilitados por parte de la Escuela de Ingenieros del Ejército de Chile.

A continuación, se presentan imágenes del proceso de digitalización realizado en dependencias de la Academia Politécnica Militar y del escáner utilizado:



Figura N° 5: Proceso de digitalización de explosor y galvanómetro.

Fuente: Elaboración propia.

En un trabajo conjunto con la empresa DTS, fue realizada la modelación en el software computacional Blender de todos los elementos necesarios para implementar el sistema de realidad extendida.

El desarrollo del subsistema de realidad virtual incluye dos escenarios que son diseñados directamente en el motor gráfico Unreal Engine. Conforme a esto, el primer escenario corresponde a la selección de los elementos del circuito de detonación, lo que permite su incorporación.

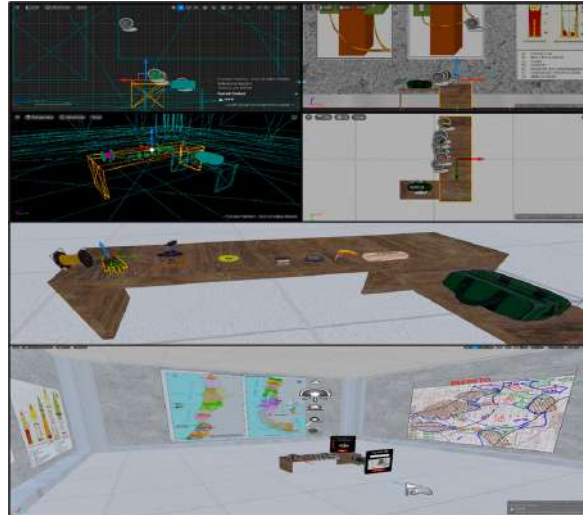


Figura N° 6: Creación del escenario inicial e incorporación de elementos 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Continuando con la modelación del primer escenario, es necesario crear los elementos relacionados a su entorno y control de acceso, los que posteriormente serán programados en la etapa de simulación.

Concluida la modelación del primer escenario del subsistema de realidad virtual, se da paso a la creación de los elementos necesarios para el segundo escenario, el cual representa la función principal del subsistema, debido a que permitirá el entrenamiento, en una primera instancia guiado, para así realizar nuevamente el procedimiento, aplicando los conocimientos adquiridos y permitiendo su evaluación por parte de personal especialista, el cual podrá observar su ejecución por intermedio de una proyección de lo que está viendo el usuario, gracias de la aplicación de los lentes de realidad virtual Oculus Meta Quest 2.

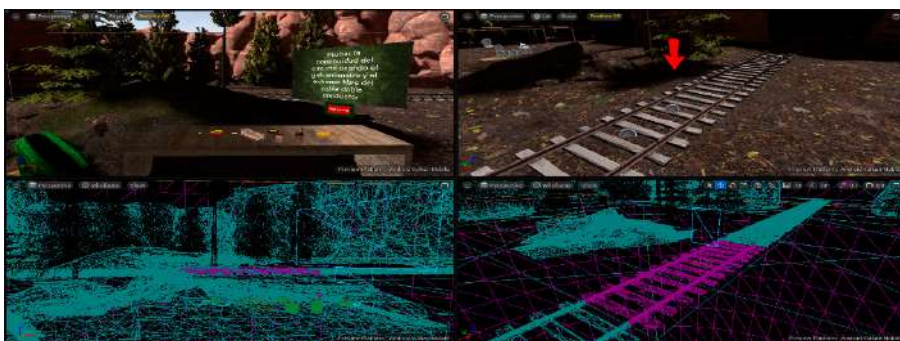


Figura N° 7: Escenario de entrenamiento guiado de detonación vía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.



2.8.3. Simulación del sistema

Teniendo como definición que la simulación es la creación de un entorno virtual que imita el comportamiento del mundo real, gracias a los modelos 3D desarrollados y mediante una interacción realista utilizando *blueprints* o comandos de programación predefinidos en el motor gráfico Unreal Engine, es posible lograr el normal desarrollo de un entrenamiento de manipulación de explosivos.

Con la finalidad de entregar un grado de seguridad e impedir el uso de personal no autorizado, el código de programación utilizado permite el ingreso solo si el usuario digita una contraseña válida, la cual quedará definida por los números "1810".

Por medio del reconocimiento de imágenes, las cuales se encontrarán impresas en un cubo, es factible la proyección de cada elemento del sistema de detonación. Proceso que será posible utilizando una programación que contará las imágenes hasta completar la imagen final.

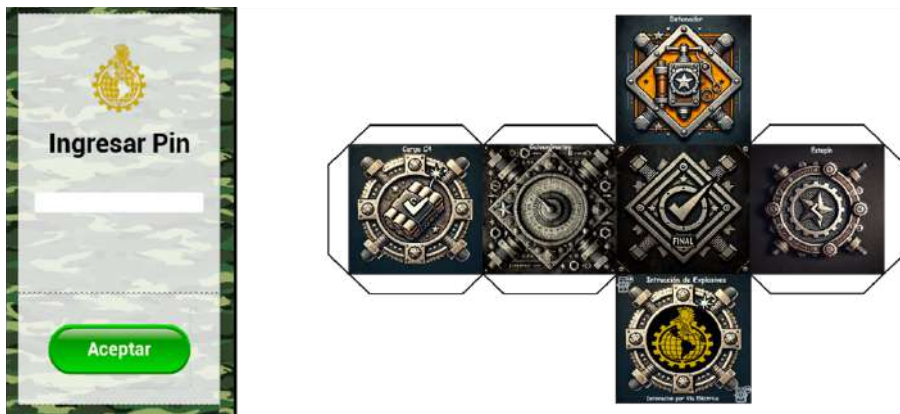


Figura N° 8: Control de acceso y plantilla de cubo para escanear con dispositivo móvil.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, y habiendo concluido con la simulación de cada elemento junto a los escenarios correspondientes, el sistema de realidad extendida se encuentra en condiciones de ser utilizado. Es posible acceder a un video que permite apreciar la secuencia completa de funcionamiento del sistema de realidad extendida en los siguientes links:

- A. <https://drive.google.com/file/d/19Dh71q1cnEH0BNRbkkka6ALOXfB9uCfeZ/view?usp=drivesdk> (Realidad Aumentada).
- B. https://drive.google.com/file/d/1XXgf9SOryHAvbZIKOwLNmXf7tl_Sy5qy/view?usp=drivesdk (Realidad Virtual).



3. CONCLUSIONES

El desarrollo de un sistema de realidad extendida para la instrucción y entrenamiento en la manipulación de explosivos representa un complemento a la metodología tradicional y estandarizada en la doctrina del Arma de Ingenieros, a partir de un análisis detallado de sus principales limitaciones, tanto técnicas como logísticas, adaptándose a las necesidades de toda unidad del Ejército de Chile.

La identificación y el análisis de los requisitos funcionales, seguidos del diseño conceptual y preliminar del sistema, permitieron elaborar una herramienta tecnológica que responde a los requerimientos de los usuarios, ofreciendo un entorno de aprendizaje y entrenamiento de forma inmersiva, simulando el procedimiento de una detonación de explosivo, utilizando el procedimiento por vía eléctrica. La instrucción y el entrenamiento se realizaron integrando tecnología de realidad virtual mediante los lentes Oculus Meta Quest 2 y la realidad aumentada con la utilización de un dispositivo móvil, a partir de la modelación y simulación de cada uno de los elementos necesarios.

Finalmente, el sistema desarrollado cumple con los estándares requeridos, brindando una experiencia de instrucción efectiva y realista. Además, su flexibilidad facilita la escalabilidad y adaptación a diferentes escenarios, destacando la posibilidad de ejecutar el procedimiento de forma repetitiva, con una evaluación inmediata por parte del instructor y su posterior retroalimentación.

REFERENCIAS

Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Episteme.

Blanchard, B. (2016). *System Engineering Management*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Department of Defense. (2001). *Systems Engineering Fundamentals*. Fort Belvoir, Virginia: Systems Management College.

INCOSE. (2015). *Systems Engineering Handbook*. John Wiley & Sons.

NASA. (2007). *Systems engineering handbook*.

Pantelidis, V. S. (s.f.). Reasons to Use Virtual Reality in Education Training Courses and a Model to Determine. *Themes in Science and Technology Education*, 59-70.



Diseño preliminar de un sistema de realidad extendida en la instrucción y/o entrenamiento de explosivos, para la...

Rao, S. (2019). *Fundamentos de Modelado y Simulación*. John Wiley & Sons.

Suazo, C. (2019). "La secuencia metodológica en los proyectos de memoria del CRIM de la ACAPOMIL". *Revista Educación del Ejército*, N° 45, 21-31. Santiago: Ejército de Chile.