



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Modelado fotorrealista de escenario de combate para
adiestramiento inmersivo mediante realidad virtual*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Félix Alfonso Peñuelas Romero

DIRECTORES: Xavier Núñez Nieto

Francisco Manuel Troncoso Pastoriza

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Modelado fotorrealista de escenario de combate para
adiestramiento inmersivo mediante realidad virtual*

Grado en Ingeniería Mecánica

Intensificación en Tecnología Naval

Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

La tecnología digital avanzada y la Cuarta Revolución Industrial tienen un gran impacto en las Fuerzas Armadas alrededor del mundo. Consecuentemente, en el ámbito de las Fuerzas Armadas españolas, la realidad virtual es una de las muchas tecnologías que conforman el concepto de Armada 4.0 y es especialmente relevante en ese campo debido a sus múltiples posibilidades en la simulación de entornos de combate. Por lo tanto, en este Trabajo de Fin de Grado se propone la creación de un escenario virtual detallado y realista, diseñado para simular el entrenamiento inmersivo en situaciones hostiles de conflicto bélico. Asimismo, el simulador está planteado para complementar el adiestramiento de los alumnos de la compañía de alumnos del cuerpo de Infantería de Marina, en lo que a entrenamiento de combate en terreno urbano se refiere. Además, el proyecto está compuesto por dos partes principales y muy diferenciadas, el diseño del escenario inmersivo y la programación de los distintos componentes que lo conforman. Concretizando, se utilizarán técnicas avanzadas de ingeniería asistida por ordenador, relacionadas con la moderna Industria 4.0, para el desarrollo del proyecto, en acuerdo con las líneas de interés descritas en la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID).

PALABRAS CLAVE

Realidad virtual, MOUT, Unreal Engine, Blueprints, Informática gráfica

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le quiero expresar mi más profundo agradecimiento por su apoyo a mis tutores. Al profesor Don Xavier Núñez Nieto, por su constante afán de mejora y motivación durante el transcurso del proyecto. También, agradecer al profesor Don Francisco Manuel Troncoso Pastoriza los conocimientos que ha compartido conmigo y la confianza que ha depositado en mí. Finalmente, quería agradecer el apoyo incondicional de mi familia y amigos. Especialmente de mis padres, que han seguido el desarrollo del Trabajo de Fin de Grado con una alegría y positivismo contagioso.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	4
1 Introducción.....	7
1.1 Descripción del apartado.....	7
1.2 Antecedentes	7
1.3 Justificación	8
1.4 Objetivos	9
1.5 Estructura	10
2 Estado del arte	11
2.1 Descripción del apartado.....	11
2.2 Simulación en el ámbito militar	11
2.2.1 Historia de la simulación militar.....	11
2.2.2 Revolución tecnológica en las Fuerzas Armadas	12
2.2.3 Simuladores en la actualidad	14
2.2.3.1 Posibilidades de la simulación en el adiestramiento	14
2.2.3.2 Aporte de los videojuegos a la simulación militar	15
2.2.3.3 Simuladores en las fuerzas armadas españolas	15
2.2.3.4 Simulador de tiro Víctrix.....	18
2.2.4 Combate en población	18
2.2.4.1 Definición	18
2.2.4.2 Fases de ataque en zona urbana.....	19
2.2.4.3 Técnicas utilizadas.....	19
2.2.4.4 Procedimiento MOUT	19
2.3 Simuladores en el ámbito civil.....	21
2.3.1 Historia de los simuladores.....	21
2.3.2 Simuladores en la actualidad	22
2.3.3 Diseño de videojuegos con VR.....	23
2.3.3.1 Definición	23
2.3.3.2 Famosos videojuegos de realidad virtual	23
2.3.4 Motor gráfico Unreal Engine 5.1	24
2.3.5 Tarjeta gráfica NVIDIA RTX 3050 Ti	25
2.3.6 Gafas de realidad virtual	26
2.3.6.1 RV HTC Vive.....	27
3 Desarrollo del TFG.....	28

3.1 Descripción del apartado.....	28
3.2 Diseño del escenario	28
3.2.1 Creación del proyecto	29
3.2.2 Creación del terreno y primeros pasos.....	29
3.2.3 Material del terreno y estructura básica del escenario	30
3.2.3.1 Quixel Bridge	30
3.2.3.2 Material del terreno	31
3.2.3.3 Estructura inicial.....	32
3.2.4 Posicionamiento de aceras y creación del primer edificio.....	33
3.2.4.1 Aceras del escenario	33
3.2.4.2 Primer edificio	33
3.2.5 Importación de edificios del escenario	35
3.2.6 Importación y construcción del edificio noroeste.....	36
3.2.7 Resto de detalles del escenario	37
3.2.7.1 Posiciones enemigas y muros exteriores del escenario	37
3.2.7.2 Calcomanías utilizadas	38
3.2.7.3 Actores añadidos como decoración	39
3.2.8 Importación del fusil y mira telescópica.....	39
3.3 Programación	41
3.3.1 Programación con Blueprints	41
3.3.1.1 Tipos de BP y partes principales	41
3.3.1.2 Plugins	42
3.3.1.3 Tipos de nodos y variables	42
3.3.1.4 Animaciones	44
3.3.1.5 Materiales en UE	44
3.3.2 Comportamiento del combatiente.....	44
3.3.2.1 Movimiento	44
3.3.2.2 Manos animadas con inverse kinematics	46
3.3.2.3 Colisiones con el ambiente	47
3.3.2.4 Agarre del arma con la mano.....	49
3.3.2.5 Eventos de disparo y de recarga	50
3.3.2.6 Salud del usuario	51
3.3.3 Comportamiento de los enemigos	52
3.3.3.1 Enemigos estáticos	52
3.3.3.2 Enemigo en patrulla.....	53
3.3.3.3 Salud del enemigo	57
3.3.3.4 Evento de disparo del enemigo	58

3.3.4 Heads Up Display	59
3.3.4.1 Temporizador en HUD	60
3.3.4.2 Munición restante y salud del usuario	61
3.3.4.3 Misión fallida y misión cumplida	61
4 Resultados	63
4.1 Descripción del apartado	63
4.2 Diseño del escenario de combate	63
4.3 Programación de los actores	65
4.4 Comprobación del escenario	67
5 Conclusiones y líneas futuras	69
5.1 Descripción del apartado	69
5.2 Conclusiones	69
5.2.1 Diseño del escenario de combate	69
5.2.2 Programación	69
5.2.3 Conclusiones finales	70
5.3 Líneas futuras	71
5.3.1 A corto plazo	71
5.3.2 Largo plazo	71
6 Bibliografía	72
Anexo I: Implicaciones Económicas	76
Anexo II: Reflexiones Éticas y Sociales	77
Anexo III: Manual de las gafas HTC VIVE PRO	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Gemelo digital creado por Navantia [1]	8
Figura 1-2 Infantes de marina entrenando un desembarco anfibio (Facebook, Armada)	9
Figura 2-1 Tablero de <i>Chaturanga</i> hindú [4]	11
Figura 2-2 Industria 4.0 [7]	12
Figura 2-3 Portada de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa [8]	13
Figura 2-4 Soldado realizando adiestramiento en simulador [11].....	14
Figura 2-5 Videojuego Call of Duty Warzone [13] y simulador Arma 3 [14].....	15
Figura 2-6 Simulador de helicópteros del ET [16].....	16
Figura 2-7 Simulador del F-18 <i>Superhornet</i> [17].....	16
Figura 2-8 Simulador de navegación de la Escuela Naval Militar	17
Figura 2-9 Simulador del nuevo submarino S80 [18]	17
Figura 2-10 Simulador de tiro Víctrix [20]	18
Figura 2-11 Movimiento de equipo de fuego en exteriores	19
Figura 2-12 Cruce de una puerta o ventana.....	19
Figura 2-13 Cruce de esquinas	20
Figura 2-14 Cambio de acera	20
Figura 2-15 Giro por binomio en T [22]	21
Figura 2-16 Entrada en un edificio por binomios por ambos lados [22].....	21
Figura 2-17 Entrada en un edificio desde el mismo lado [22]	21
Figura 2-18 Simulador social <i>Sim City</i> [26].....	22
Figura 2-19 Visor de realidad virtual <i>Oculus Rift</i> [32].....	23
Figura 2-20 Simulador de conducción Assetto Corsa [34]	24
Figura 2-21 Microsoft Flight Simulator [35]	24
Figura 2-22 Plataforma de Epic Games, Unreal Engine [37].....	25
Figura 2-23 NVIDIA RTX 3050 Ti [41].....	26
Figura 2-24 The Teleyeglasses [42]	26
Figura 2-25 RV HTC Vive Pro[44].....	27
Figura 3-1 Epic Games Launcher.....	28
Figura 3-2 Crear un proyecto en <i>Unreal Engine</i>	29
Figura 3-3 Nuevo nivel y <i>Landscape</i> inicial	29
Figura 3-4 Efectos visuales	30
Figura 3-5 Escenario una vez añadidos los efectos visuales	30
Figura 3-6 <i>Quixel Bridge</i>	31
Figura 3-7 Importar desde <i>Quixel Bridge</i>	31

Figura 3-8 Material añadido al terreno	32
Figura 3-9 Utilidad de StarterContent	32
Figura 3-10 Estructura básica del escenario	32
Figura 3-11 Tipo de acera y colocación	33
Figura 3-12 Primer piso edificio sureste	33
Figura 3-13 Opciones de interacción con objetos, trasladar, rotar y escalar	34
Figura 3-14 Segundo piso edificio sureste	34
Figura 3-15 Edificio Sureste terminado	34
Figura 3-16 Set de edificaciones	35
Figura 3-17 Copiar edificio desde distinto nivel	35
Figura 3-18 Colocación de edificios importados	36
Figura 3-19 Paquete de decoración Apartment Tech Props	36
Figura 3-20 Decoración primer piso del edificio NW	37
Figura 3-21 Decoración segundo piso del edificio NW	37
Figura 3-22 Posición defensiva del cruce.....	38
Figura 3-23 Calcomanías utilizadas	38
Figura 3-24 Árboles y arbustos importados	39
Figura 3-25 HK G36 utilizado por el usuario.....	39
Figura 3-26 Blueprint del material de la mira	40
Figura 3-27 Diseño y resultado final de la mira de tres aumentos	40
Figura 3-28 Clases de BP	41
Figura 3-29 Ventanas de un BP.....	42
Figura 3-30 Inserción de eventos	42
Figura 3-31 Ejemplos de nodos funciones	43
Figura 3-32 Nodo “proyectar a”	43
Figura 3-33 Nodo "Crear Widget"	43
Figura 3-34 VIVE <i>controllers</i> [48].....	45
Figura 3-35 Axis Mappings de movimiento.....	45
Figura 3-36 Movimientos con mandos.....	46
Figura 3-37 Animación de accionar el disparador	47
Figura 3-38 Función CameraTransform	47
Figura 3-39 Función CapsuleTransform	48
Figura 3-40 Función HandOffset	48
Figura 3-41 Añadir malla estática a punto de agarre.....	49
Figura 3-42 HK G36 utilizado.....	50

Figura 3-43 Función de generación del proyectil.....	50
Figura 3-44 Disparo y recarga del fusil.....	51
Figura 3-45 Blueprint de la salud del combatiente.....	51
Figura 3-46 Gráfico de eventos del proyectil enemigo	52
Figura 3-47 Enemigo colocado en el escenario.....	53
Figura 3-48 Adjuntar el arma al enemigo.....	53
Figura 3-49 Árbol de comportamiento Enemigo1	54
Figura 3-50 BP tarea de patrullar	54
Figura 3-51 Puntos de Patrulla	55
Figura 3-52 Tarea de búsqueda en un área.....	56
Figura 3-53 Detección del jugador por parte de la IA.....	56
Figura 3-54 Árbol de comportamiento final.....	57
Figura 3-55 Evento "Golpe" al enemigo	58
Figura 3-56 Evento de daño del enemigo.....	58
Figura 3-57 Detección y disparo del enemigo.....	59
Figura 3-58 HUD.....	59
Figura 3-59 Temporizador.....	60
Figura 3-60 Gráfico de evento VRHUD	60
Figura 3-61 <i>Bindings</i> para obtener minutos y segundos	61
Figura 3-62 Binding Obtener munición	61
Figura 3-63 <i>Binding</i> Misión fallida	62
Figura 3-64 <i>Binding</i> Misión cumplida	62
Figura 4-1 Diseño de la calle durante la simulación	63
Figura 4-2 Interior del edificio en la simulación	64
Figura 4-3 Accionamiento del disparador y agujeros en los objetos durante la simulación	64
Figura 4-4 Mira del fusil durante la simulación	65
Figura 4-5 Misión fallida durante la simulación	65
Figura 4-6 Misión cumplida durante la simulación.....	66
Figura 4-7 Enemigo patrullando en la simulación	66
Figura 4-8 Comprobación de la simulación	67
Figura 4-9 Video explicativo del escenario de combate	67

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del apartado

La finalidad de esta primera sección introductoria es entender el motivo detrás de este proyecto y los objetivos que se buscan alcanzar. En esta primera parte, se establecerán los antecedentes, se dará la justificación de por qué queremos llevar a cabo este proyecto y se fijarán los objetivos a conseguir. Además, se describirá la estructura de la presente memoria.

1.2 Antecedentes

Antes de comenzar una investigación, es fundamental comprender las razones y las necesidades detrás de ella. Es importante tener un conocimiento previo de los antecedentes y una comprensión precisa del tema, especialmente si uno no es un experto en el área. De esta forma, el lector puede elegir la información apropiada y tener una perspectiva clara al leer el informe de la investigación.

El proyecto realizado forma parte de las diversas líneas de investigación del Centro Universitario de la Defensa y, por lo tanto, se relaciona directamente con el mundo militar y sus necesidades. Se basa en el desarrollo de tecnología con el fin de completar el adiestramiento de la compañía de Infantería de Marina de la Escuela Naval Militar, utilizando las herramientas y capacidades que el grado proporciona a los alumnos.

En el proceso de investigación que se ha de llevar a cabo, es de vital importancia entender la necesidad de la realización de este. Además, se debe responder a la cuestión de si es factible el desarrollo y la utilización de las tecnologías desarrolladas en el presente proyecto.

Concretizando, la Armada necesita ser puntera en el desarrollo de tecnología. España es una nación marítima, y los encargados de salvaguardar sus aguas son los hombres y mujeres de la Armada. La optimización de sus plataformas, la mejora en el adiestramiento o el desarrollo de nuevas armas y capacidades, son piezas fundamentales para mantener la soberanía de los territorios del estado. En concreto, el enfoque de este proyecto es mejorar el entrenamiento de los futuros oficiales del cuerpo de Infantería de Marina, punta de lanza de esta Armada y la más antigua de todo el mundo. El infante de marina es la proyección del poder naval sobre tierra. El trabajo de la marina no cobra sentido sin este histórico cuerpo que ha llevado a cabo innumerables misiones para el mantenimiento de la paz y seguridad del estado.

De modo similar, hay que mirar hacia el futuro y avanzar a la par que nuestras naciones aliadas. Ese futuro está irremediabilmente ligado a el uso de la realidad virtual, tecnología muy presente en nuestras fuerzas armadas, sobre todo en los proyectos de modernización en los que se ve inmerso el ministerio

de Defensa. En el posterior apartado, de estado del arte, se entrará en profundidad en la importancia y múltiples usos que estos elementos de simulación tienen hoy en día en la transición tecnológica de las fuerzas armadas.



Figura 1-1 Gemelo digital creado por Navantia [1]

Paralelamente, como dicta el punto 41 de las líneas generales del Almirante General jefe de Estado Mayor de la Armada, se han de incorporar nuevas tecnologías a las unidades de la flota e infantería de marina, haciendo hincapié en la inteligencia artificial para conseguir que las personas, medios y la organización avancen acompasados [2]. AJEMA además, resaltó en el apartado 42 que la Transformación Digital ha de ser la principal razón de ser de la Institución, mencionando la limitación de recursos que sufren las FAS [2].

El desafío es, por lo tanto, estar al tanto de lo que la Armada y, en particular, nuestros combatientes requieren, y brindar un nuevo avance hacia la modernización de los recursos de formación disponibles en las escuelas y centros de enseñanza. Buscamos alcanzar una nueva manera de entender el entrenamiento a través de la simulación y fortalecer la importancia de la realidad virtual como una herramienta esencial en nuestras Fuerzas Armadas.

1.3 Justificación

La soberanía se define como el poder o autoridad suprema e independiente ejercida por una nación o un estado sobre su territorio y sus asuntos internos. Se refiere a la capacidad de un país para tomar decisiones políticas y administrativas sin la influencia o el control externo [3]. Para obtenerla hay un factor que deben tener toda nación soberana; las fuerzas armadas. Los conflictos armados son visibles en prácticamente todos los lugares del mundo, e ignorarlo puede conllevar severas consecuencias. Es por ello por lo que una Armada anticuada tecnológicamente y con personal desentrenado, pondría a España en duda ante sus aliados cercanos.

Fundamentalmente, el presente trabajo de fin de grado se aplica a una parte de la milicia, ampliamente desconocida, llamada la enseñanza militar, de la que se va a concretar posteriormente. El adiestramiento militar es el proceso de capacitación y entrenamiento que reciben los militares para prepararlos para cumplir con sus responsabilidades y misiones. Incluye una variedad de actividades, como ejercicios físicos, entrenamiento táctico, manejo de armas y sistemas, formación en procedimientos y protocolos, y otros aspectos relacionados con la preparación para la guerra o las operaciones de paz. El objetivo principal del adiestramiento militar es desarrollar habilidades, destrezas

y disciplina en los militares para que puedan actuar de manera eficaz y eficiente en situaciones de conflicto.



Figura 1-2 Infantes de marina entrenando un desembarco anfibio (Facebook, Armada)

Actualmente en la Escuela Naval Militar, el entrenamiento en combate en zona urbana es imposible de realizar debido a que no se encuentra un espacio habilitado para ello. Para realizar este tipo de entrenamiento, los alumnos tendrían que movilizarse hasta la base militar General Morillo lo que supone un esfuerzo logístico y económico de grandes proporciones. El simulador de tiro Víctrix al igual que la galería de tiro con arma corta son excelentes lugares de adiestramiento, sin embargo, no tienen utilidad para el entrenamiento de procedimientos en terreno urbano. Es por ello por lo que la instalación de un simulador de escenario inmersivo de combate es una alternativa más que factible.

Entre otras características el simulador no requeriría del esfuerzo que supone construir un recinto real de adiestramiento, pues el espacio que ocupa es mínimo. El alumno podrá entrenar los distintos procedimientos a realizar en el escenario mientras este es evaluado por un instructor que le está observando en todo momento. Su capacidad de reacción, decisión bajo estrés y datos paramétricos de los alumnos será medida. Además, como futuros oficiales, los alféreces y guardiamarinas podrán ejercer el necesario liderazgo que lleva caracterizando a los oficiales de marina durante años. Por otro lado, debido a la exigencia de su adiestramiento, los alumnos de infantería sufren frecuentemente de lesiones que podrán ser evitadas utilizando la tecnología en cuestión. El aspecto económico también es beneficiado, como se mencionó anteriormente no sería necesaria toda la logística para transportar a la compañía de alumnos de la Escuela Naval Militar además del esfuerzo humano y el tiempo requerido que ello supone.

En resumen, la guerra es una realidad y unas fuerzas armadas adiestradas para ello. El simulador propuesto para este trabajo de fin de grado contribuiría a la formación de los alumnos de infantería de marina de la Escuela Naval Militar, reduciendo los costes financieros, lesiones físicas, el tiempo invertido, el espacio y siendo capaz de hacer una exhaustiva evaluación del alumnado como si de un escenario real se tratara.

1.4 Objetivos

El objetivo de este proyecto es la creación de un escenario de combate para adiestramiento inmersivo con realidad virtual. Este escenario proporcionará a los alumnos de la Escuela Naval Militar una herramienta para adiestrarse en las complejas operaciones militares en terreno urbano. Este entrenamiento será complementario a las salidas al campo que estén relacionadas con los adiestramientos

de este tipo. Existen dos partes diferenciadas del presente proyecto que son fundamentales: el diseño y la programación.

En primer lugar, se diseñará el escenario. Se creará una calle, semejante a la de una ciudad moderna, con distintas edificaciones y objetos. La calle dará sensación de abandono o descuido como si de una zona en conflicto se tratase y, sobre todo, tendrá ciertas características y peculiaridades que permitirán la aplicación del procedimiento de combate en terreno urbano. Intersecciones, cruces, esquinas, escaleras e interiores serán agregados para una mayor complejidad en la instrucción. El detalle será cuidadoso y realista para que el usuario sea capaz de tener una inmersión completa.

Posteriormente, se programará el combatiente y los enemigos. Se implementará el fusil HK G36 en el escenario y se tendrá la posibilidad de eliminar enemigos con proyectiles lanzados desde este. Requisitos de salud y tiempo serán implementados al igual que condiciones para el cumplimiento de la misión. Se desarrollarán enemigos cuyo comportamiento se guía por inteligencia artificial y tengan la capacidad de abrir fuego contra el usuario.

Además de los objetivos ya mencionados, se ha de mirar hacia el futuro y la posible implantación de simuladores de combate con realidad virtual en las distintas ramas del ejército y la Armada. Simuladores de navegación, vuelo o submarinismo serían opciones llamativas y una gran aportación para los adiestramientos en las Fuerzas Armadas.

1.5 Estructura

El siguiente trabajo está organizado de acuerdo con las indicaciones del Centro Universitario de la Defensa. Consta de 5 secciones principales, que incluyen subsecciones para mayor entendimiento del enunciado.

- **Introducción:** Apartado al que pertenece este apartado de estructura, y en él se establecen los detalles previos al proyecto. Aquí se proporciona información sobre el motivo de la realización del proyecto, los objetivos específicos que se pretenden alcanzar y los detalles que justifican la necesidad del mismo. Después de leer este subapartado, el lector tendrá una comprensión clara de lo que trata el proyecto, cuáles son sus objetivos y la razón detrás de su existencia.
- **Estado del arte:** Este apartado se enfoca en proporcionar un contexto histórico y actual de la tecnología de simulación y realidad virtual. Además, aquí se describen los diferentes recursos empleados, tanto de software como de hardware. Se obtendrán dos puntos de vista, uno desde el ámbito militar y por otro lado del ámbito civil. Después de leer este apartado, el lector tendrá una comprensión básica de simulación con realidad virtual, y comprenderá la estrecha relación entre esta tecnología y el entrenamiento militar.
- **Desarrollo:** Apartado en el que se especificará los pasos seguidos para la consecución del proyecto, es la parte más importante de la presente memoria debido a que permite al lector entender el camino seguido para llegar a los posteriores resultados. En este apartado se hace hincapié en los aspectos técnicos procurando ser claro en todo momento.
- **Resultados:** Una vez desarrollado el proyecto, se explicará el producto final obtenido. El individuo que haya accedido a la memoria sabrá si se han logrado los objetivos previamente establecidos.
- **Conclusiones y líneas futuras:** El último apartado de la memoria, el lector dispondrá de las lecciones aprendidas y si se ha logrado realmente subsanar las necesidades específicas de la Armada en este ámbito. Se valorará la utilidad real del proyecto finalizado y, en el mejor de los casos, se continuará investigando en esta área ya que la línea de investigación queda abierta y con posibilidades de futuro desarrollo.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Descripción del apartado

En este apartado se explicará el contexto histórico que ha llevado a la creación del proyecto actual. Se proporcionará información sobre los eventos y circunstancias que han contribuido a la necesidad de llevar a cabo este proyecto. En primer lugar, se hablará sobre la simulación virtual desde un punto de vista militar, explicando los conceptos tácticos que son necesarios para la comprensión de este, posteriormente se analizará cómo el proyecto se relaciona con el ámbito civil. Se discutirán las tecnologías y técnicas utilizadas en el proyecto desde esa perspectiva.

2.2 Simulación en el ámbito militar

La simulación desempeña un papel clave en el desarrollo de nuevas tecnologías militares. A través de la simulación, los militares pueden probar y evaluar diferentes estrategias y tácticas en un entorno controlado antes de implementarlas en operaciones reales. También se utiliza para probar y entrenar en el uso de nuevos equipos y sistemas, como armas, vehículos y sistemas de defensa. Además, también se utiliza para simular escenarios de guerra y crisis, lo que permite a los militares y líderes políticos prepararse mejor para situaciones de emergencia. Por tanto, la simulación es una herramienta esencial en el desarrollo y entrenamiento de nuevas tecnologías militares y su uso continuará siendo vital para mantener la ventaja táctica y estratégica en el campo de batalla.

2.2.1 Historia de la simulación militar

La historia de la simulación militar se remonta a los inicios de la humanidad, con juegos de guerra y técnicas de simulación utilizadas para comprender mejor los conflictos y aumentar las posibilidades de obtener resultados favorables en los combates. Los primeros ejemplos conocidos son el Wei Hai de China, el *Chaturanga* de India, y los cajones de arena utilizados por los romanos.



Figura 2-1 Tablero de *Chaturanga* hindú [4]

A comienzos del siglo XX, se siguieron desarrollando juegos basados en modelos matemáticos. Estos eran empleados para crear nuevas estrategias navales que utilizaban las flotas mundiales en sus enfrentamientos. El punto de inflexión se sitúa en la introducción de los ordenadores. Gracias a estos se pudieron añadir infinitud de variables a estos modelos matemáticos creando así lo que conocemos hoy en día como la simulación en el ámbito militar.

Con la llegada de la revolución tecnológica la simulación militar ha avanzado significativamente a lo largo de los años. A medida que se desarrollaron nuevas tecnologías, los simuladores se hicieron más complejos y sofisticados, y hoy en día se basan en la realidad virtual y permiten conectarse en red y escalar según las necesidades del usuario. Aunque la industria de la simulación militar en España ha alcanzado un alto grado de madurez, todavía queda mucho por hacer, especialmente en términos de recursos destinados por las fuerzas armadas [4]. Hay varias instituciones que ofrecen cursos y prácticas de alto nivel a precios que pueden superar los 100.000 euros [5]. Estados como el Reino Unido han publicado manuales sobre el tema para sus oficiales, lo que demuestra la importancia que conceden a la simulación. Los juegos de guerra se han contrastado con la realidad y han salido bien parados, demostrando su validez como herramientas de entrenamiento y prospectiva. Los simuladores han evolucionado desde los primeros simuladores electromecánicos hasta los simuladores inmersivos modernos, que se asemejan cada vez más a las plataformas o sistemas de armas que deben emular.

2.2.2 Revolución tecnológica en las Fuerzas Armadas

La Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, se refiere al uso de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, la robótica, la automatización, la conectividad y el internet de las cosas (IoT), para mejorar la eficiencia y la productividad en la industria. En el campo de la defensa, la Industria 4.0 se está utilizando para mejorar la capacidad militar y mejorar la seguridad de las operaciones. La implementación de la Industria 4.0 en la defensa también puede conducir a una mayor eficiencia en la planificación y ejecución de misiones, así como una mejor protección de los soldados al proporcionarles una mayor conectividad y visibilidad del campo de batalla. Sin embargo, también presenta desafíos, como la necesidad de garantizar la seguridad de la información, la privacidad de los datos y la necesidad de capacitar a los trabajadores para trabajar con estas nuevas tecnologías [6] [7]. Se han de tener objetivos realistas y con posibilidad de implementación, sin caer en el desarrollo de tecnologías obsoletas o inútiles en los distintos escenarios bélicos que se pueden presentar. Se ha de tener un balance entre lo que es necesario y lo que supone un gasto excesivo para la industria de defensa.

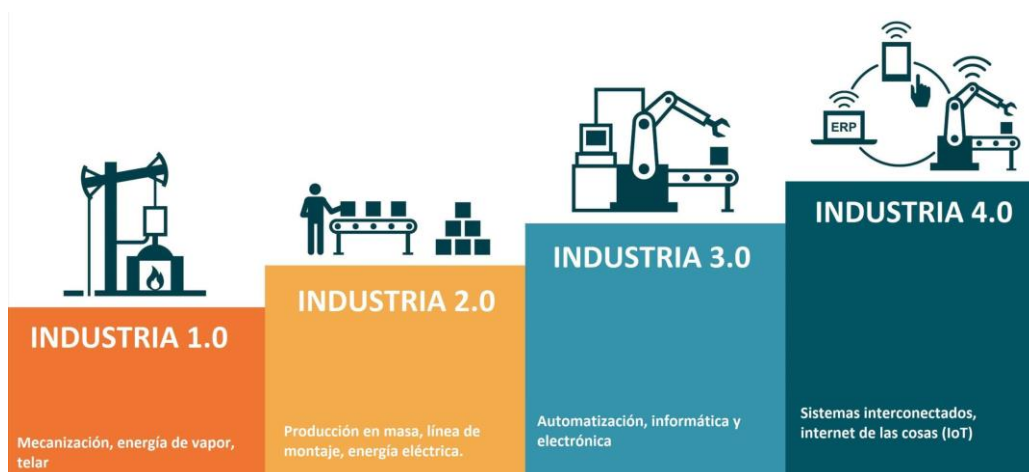


Figura 2-2 Industria 4.0 [7]

Además, la implementación de la Industria 4.0 en la defensa también puede conducir a una mayor dependencia de las tecnologías, lo que puede tener consecuencias negativas en caso de fallos o interrupciones en el suministro de energía o en caso de ataques cibernéticos. En resumen, la Industria 4.0 presenta una serie de desafíos y oportunidades en el campo de la defensa. A medida que la tecnología

continúa avanzando, es importante que las fuerzas armadas y las empresas de defensa trabajen juntas para desarrollar e implementar estas tecnologías de manera efectiva y segura [6] [7].

La política de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) del Ministerio de Defensa tiene como objetivo contribuir a la consecución de las capacidades necesarias para la defensa del país. Está sujeta a la legislación establecida por la Ley 14/2011 de la Ciencia, Tecnología e Innovación y se basa en la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación (EECTI) 2021-2027. La política busca impulsar el desarrollo de capacidades tecnológicas en los agentes del sector para garantizar que puedan proporcionar al Ministerio de Defensa y sus Fuerzas Armadas los sistemas y equipos más avanzados y potenciar las capacidades militares [8].

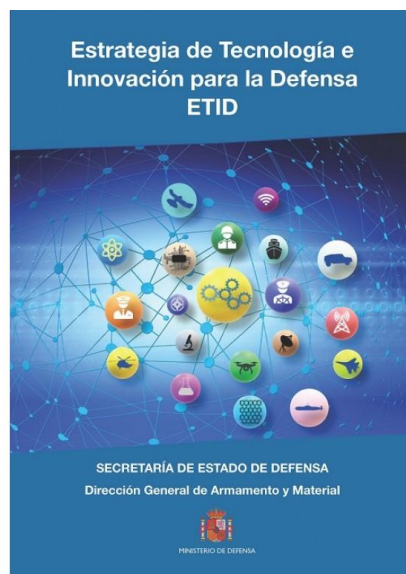


Figura 2-3 Portada de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa [8]

En el apartado de avances tecnológicos esta política sugiere que, en áreas como la inteligencia artificial, el *big data*, la robótica, el internet de las cosas, la biotecnología, la nanotecnología, la fabricación aditiva, entre otras, están teniendo un gran impacto en el sector de la defensa. Estos avances están siendo impulsados principalmente por la inversión en el sector de la tecnología y las comunicaciones y por los esfuerzos en investigación e innovación en diferentes países. Esto ha llevado a un cambio de paradigma en el desarrollo tecnológico en el que el desarrollo para fines de defensa ha cedido protagonismo frente al desarrollo para fines civiles. Además, se está observando un creciente interés en las tecnologías disruptivas, que suponen un cambio radical en la forma de hacer las cosas y que son difíciles de predecir. Estas innovaciones pueden tener un gran impacto en las empresas y en las Fuerzas Armadas, y es importante estar preparados para anticiparse a ellas. En los últimos años, países y organizaciones internacionales relacionadas con la defensa han impulsado concursos abiertos para probar soluciones tecnológicas en escenarios complejos. Estos concursos buscan identificar nuevos desarrollos disruptivos y promover el desarrollo rápido de prototipos para obtener retroalimentación sobre su utilidad y posibilidades. Algunas naciones han creado unidades específicas para identificar la disrupción en los ecosistemas más innovadores. Estas iniciativas pueden servir como referencia para promover aproximaciones similares a nivel nacional [8].

Dentro de En el Anexo A de Líneas de I+D+i de interés para defensa, cobra especial importancia para la presente memoria, el punto 11.3 “Simulación” cuyo primer apartado sugiere desarrollar soluciones innovadoras basadas en el uso de sistemas de simulación que permitan una óptima preparación y adiestramiento del personal de las Fuerzas Armadas en sus dimensiones cognitivas, físicas y psicológicas. Esto incluye la doctrina para la ejecución de las operaciones, la utilización de los medios materiales y la recreación de condiciones cercanas a las de las operaciones reales en los dominios de

tierra, mar, aire y ciberespacio. Esto ayudará a mejorar la capacitación y preparación del personal militar para su desempeño en el campo de batalla. También puede ser de interés para el proyecto el punto 3.1.3. “Simulación como apoyo al ciclo de vida de las plataformas”, que tiene como idea principal desarrollar soluciones tecnológicas innovadoras que, utilizando los últimos avances en realidad virtual, aumentada, gemelo digital, entre otros, permitan disponer de modelos y representaciones que faciliten la especificación, diseño, desarrollo y mantenimiento de plataformas o sistemas complejos de interés para la defensa. Esto ayudará a mejorar la eficiencia y efectividad en el desarrollo y operación de estos sistemas en el campo de la defensa [8].

2.2.3 Simuladores en la actualidad

Actualmente, la OTAN y sus aliados han potenciado el adiestramiento de militares en diferentes partes de mundo mediante módulos de entrenamiento virtual. La tecnología ha avanzado tanto que los soldados de diferentes ubicaciones geográficas pueden practicar simultáneamente una sola sesión de entrenamiento a la perfección. La relación efectividad/coste era una de las claves a mejorar en el pasado, pero hoy en día, se ha vuelto posible generar múltiples respuestas y resultados a partir de un solo dato del simulador, lo que ayuda a los entrenadores a analizar el rendimiento individual y del equipo y a tomar decisiones para mejorar su adiestramiento a tiempo real [9] [10].



Figura 2-4 Soldado realizando adiestramiento en simulador [11]

El entrenamiento virtual ha sido vital en la preparación para misiones que requieren un alto rendimiento y abarque objetivos altamente específicos. Los mercados en los Estados Unidos, Europa, India, China, Rusia, Corea y Japón tienen una alta demanda en el sector del entrenamiento virtual y simuladores. Los países miembros de la OTAN han apostado fuerte en estos simuladores mencionados, ya que están promoviendo sus módulos y plataforma de simulación para el entrenamiento. Además, las naciones punteras en tecnología militar están preparando la optimización de sus módulos de entrenamiento y simulación y buscando empresas que den soluciones a las limitaciones actuales de estos. El mercado que más desarrollo está teniendo, dentro de este ámbito, es el de los simuladores de cazas de combate, UAV, barcos, vehículos, artillería, armamento y entornos sintéticos. En otras palabras, la simulación está presente en gran parte de las plataformas y escenarios en el ámbito de las fuerzas armadas [10].

2.2.3.1 Posibilidades de la simulación en el adiestramiento

Para la formación de militares, los simuladores se han desarrollado evaluando los requisitos físicos, ambientales y funcionales indispensables para que un combatiente se involucre completamente en el adiestramiento. Estos requerimientos del entrenamiento determinarán si un equipo necesita ser representado de manera espacial, con una nítida representación visual, si se debe realizar durante el día,

la noche o en diferentes condiciones climáticas. Además, pueden ser necesarias funciones operativas específicas que han de ser representadas con un alto grado de precisión, aportando conectividad entre el usuario y el escenario en el que se encuentra. Los sistemas simulados son especialmente efectivos para escenarios de entrenamiento con un alto grado de dificultad, importancia o que se realizan con poca frecuencia por distintos motivos. Muchas fuerzas armadas insisten en una tecnología de simulación sofisticada ya que es una solución de entrenamiento efectiva que reduce la dependencia del hardware físico y proporciona un enfoque más flexible a bajo costo. Consecuentemente, esta flexibilidad en los sistemas de entrenamiento procedimental permite a los estudiantes ser efectivos en una amplia gama de escenarios de emergencia y peligro que serían imprácticos de entrenar en condiciones reales.

2.2.3.2 Aporte de los videojuegos a la simulación militar

Cuando nos referimos a la simulación en el mundo militar, es fundamental mencionar los grandes avances que han aportado el sector de los videojuegos. Una tecnología cuyo objetivo es el ocio del usuario que lo utiliza, es ahora la base sobre la que se entrenan militares para el combate. Este mercado está dando pasos gigantes con el realismo de sus gráficos, efectos especiales, mecánica de movimientos, sistema de proyección y realidad virtual entre otros.

Dentro de este sector encontramos el término “Shooter”, un subgénero que forma parte del género de acción en los videojuegos que se basa en eliminar enemigos disparando un arma y se relaciona directamente con el desarrollo de este proyecto [12]. Encontramos famosos ejemplos en videojuegos como *Call of Duty* [13], *Counter Strike*, *Arma 3* [14] o *Battlefield* que con el paso del tiempo han logrado depurar un producto de un realismo y fluidez sin precedentes.

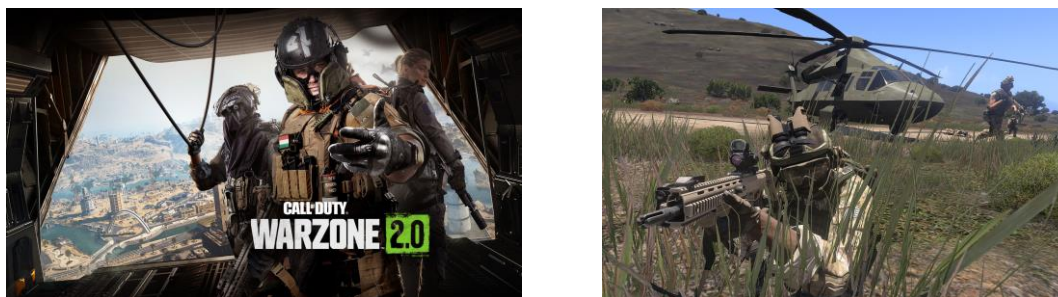


Figura 2-5 Videojuego Call of Duty Warzone [13] y simulador Arma 3 [14]

2.2.3.3 Simuladores en las fuerzas armadas españolas

Las fuerzas armadas españolas pueden presumir de tener una amplia gama de simuladores para el adiestramiento de militares de los tres ejércitos. En este apartado serán descritos algunos de ellos.

- El Ejército de Tierra está enfocado en el uso intensivo de sistemas de simulación para cubrir todas las fases de entrenamiento y adiestramiento de sus miembros, estos sistemas están disponibles en niveles de compañía y batallón, y la meta es conectar todos los simuladores de la fuerza terrestre o parte de ellos para formar la llamada "federación de simuladores". [15] Cada sistema cumple una función específica en la llamada "pirámide de simulación". La base de la pirámide es la instrucción individual de los combatientes, mientras que la cúspide es el entrenamiento simulado asistido por ordenador para todos los componentes y medios tácticos. En esta rama del ejército es donde la utilización del simulador de tiro Víctrix, del que se hablará posteriormente, está más extendido. Para entrenar la estrategia de movimiento de compañías y carros de combate a gran escala es utilizado el *Battle Space 2*. Así mismo, para el adiestramiento de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra se encuentra en Colmenar Viejo el CESINFAMET. En este recinto existen simuladores de todo tipo de aeronaves como los *Cougar*, *Tigre* o UAV formando conjuntamente el Simulador de

Adiestramiento para el Ejército de Tierra o SAETA que tiene la capacidad de ejecución de ejercicios asistidos para Planas Mayores por ordenador.



Figura 2-6 Simulador de helicópteros del ET [16]

- En el Ejército del Aire y del Espacio tienen como objetivo reducir las horas de vuelo de sus pilotos proporcionándoles horas de vuelo de calidad en el simulador. Destacan el simulador del caza F-18 o el del *Eurofighter*. Este último permite al piloto realizar simulaciones de fuego sin la necesidad de exponerse a los peligros que supone este adiestramiento durante un vuelo. No solo los cazas necesitan simuladores, otros aviones de mayor porte del arma aérea como el C-235 o el A400 también posee su propio simulador [15]. Al igual que el ejército de tierra, el estado mayor del Ejército del Aire y del Espacio ha logrado interoperabilidad entre sus distintos simuladores de vuelo e incluso se prevé que se realice también con unidades de la Armada.



Figura 2-7 Simulador del F-18 Superhornet [17]

- Por último, en la Armada española también existe gran variedad de simuladores. Un cercano ejemplo de ello es el simulador de navegación de la Escuela Naval Militar, en él que un alumno tiene la posibilidad de maniobrar cualquier plataforma de superficie de la flota virtualmente. Existen gran variedad de opciones en este simulador, desde una entrada en puerto, un fondeo de precisión o navegación bajo visibilidad reducida. Características como abatimiento, mala mar, noche o densidad de tráfico ponen a los futuros oficiales en situaciones de estrés perfectas para entrenar la capacidad de toma de decisiones.



Figura 2-8 Simulador de navegación de la Escuela Naval Militar

Otro simulador de interés ubicado en la Escuela Naval es el Galeón. Consta de cinco cabinas con comunicaciones de varios tipos entre ellas, tiene como objetivo el adiestramiento de alféreces de fragata en cualquier escenario de conflicto. El Galeón simula el CIC de una fragata y tiene todo tipo de sensores, armas y posibilidades para el adiestramiento.

De modo similar, existen simuladores para todo tipo de plataformas de la Armada, tal es el caso de el simulador de submarinos y cazaminas en Cartagena, el centro de instrucción de seguridad interior de Ferrol, o los simuladores de vuelo del AV-8B y SH-60B de la Flotilla de Aeronaves. Cabe destacar que, debido a la naturaleza de su trabajo, el cuerpo de Infantería de Marina utiliza varios de los simuladores de adiestramiento del Ejército de Tierra.



Figura 2-9 Simulador del nuevo submarino S80 [18]

2.2.3.4 Simulador de tiro Víctrix

Indra, una compañía global de tecnología y consultoría, ha desarrollado un simulador llamado Víctrix, que permite a los soldados entrenar en un entorno virtual urbano con un gran grado de detalle y precisión, con el objetivo de lograr una ejecución perfecta en las misiones. El simulador utiliza gafas de realidad virtual y permite a los soldados compartir escenarios virtuales y entrenar de forma conjunta con compañeros en otras bases, eliminando barreras geográficas. Además, el sistema utiliza tecnologías de representación 3D y posicionamiento óptico para detectar la posición de los soldados con precisión milimétrica y baja latencia, permitiendo que el simulador reproduzca virtualmente todos sus movimientos [19].



Figura 2-10 Simulador de tiro Víctrix [20]

El nuevo Víctrix VR permite repetir las operaciones y analizar los riesgos, estudiar tácticas y anticipar la respuesta del adversario, proporcionando un entrenamiento de siguiente generación para soldados que se enfrentan a misiones cada vez más complejas. La Escuela Naval Militar tiene el placer de poseer uno de estos simuladores en su interior para el adiestramiento en tiro de sus alumnos del cuerpo de Infantería de Marina.

2.2.4 Combate en población

Dentro del amplio y complejo adiestramiento de los oficiales de infantería de marina en la Escuela Naval Militar se encuentra el entrenamiento de combate en terreno urbano, conocido como MOUT. Es un escenario de extrema complejidad y tiene una técnicas y requerimientos muy específicos que se resumirán a continuación.

2.2.4.1 Definición

El combate en zonas urbanas, también conocido como guerra urbana, es un tipo de combate que se realiza en áreas, como pueblos y ciudades. Es diferente de los combates en terrenos abiertos tanto en su nivel operativo como táctico [21]. Los obstáculos incluyen la presencia de civiles y la complejidad del terreno urbano.

Este tipo de operaciones se realiza para aprovechar las ventajas estratégicas o tácticas de controlar una zona urbana o para impedir que el enemigo las obtenga [22]. Hoy en día este tipo de operaciones son llamadas MOUT (*Military Operations in Urban Terrain*)

2.2.4.2 Fases de ataque en zona urbana

Existen tres fases a llevar a cabo para completar una operación urbana:

- Fase I: Aislar el objetivo y controlar las avenidas de aproximación al mismo. Se deben asegurar los puntos claves, utilizados para las armas de apoyo.
- Fase II. Realizar el asalto al objetivo para romper las medidas defensivas del enemigo.
- Fase III. Limpiar la zona urbana edificio a edificio, sector a sector. Numerosas acciones de pequeñas unidades, estando estas descentralizadas [22].

2.2.4.3 Técnicas utilizadas

El ataque será realizado edificio a edificio y sector a sector para evitar siempre que el enemigo se introduzca en la retaguardia de la formación, también es de vital importancia la coordinación entre las unidades. Una vez terminada la “limpieza” se marcará el edificio según la normativa preestablecida. Se ha de tener especial precaución cuando se utilice el humo para el avance de las unidades debido al efecto contrario en la visibilidad propia que podría causar. Por último, la unidad que proporciona apoyo de fuegos se debe mover por una ruta con cubierta y ocultación.

2.2.4.4 Procedimiento MOUT

En este apartado se describe el procedimiento con situaciones de interés para el proyecto:

- Movimiento de un equipo de fuego en exteriores:
N1 cubre la vanguardia, N4 retaguardia, N2 el lado por el que se progresa y N3 el contrario.

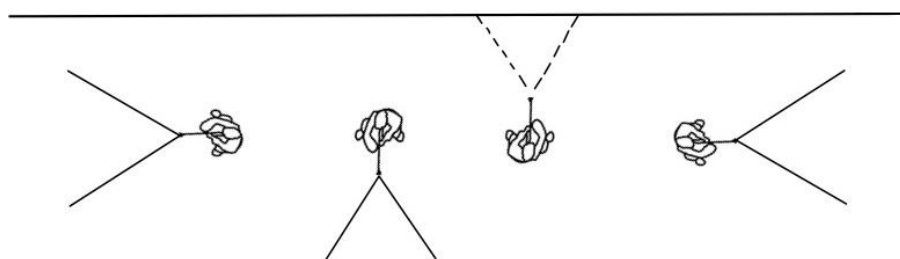


Figura 2-11 Movimiento de equipo de fuego en exteriores

- Cruce de una puerta o ventana:
N1 cubre y el resto le sobrepasa

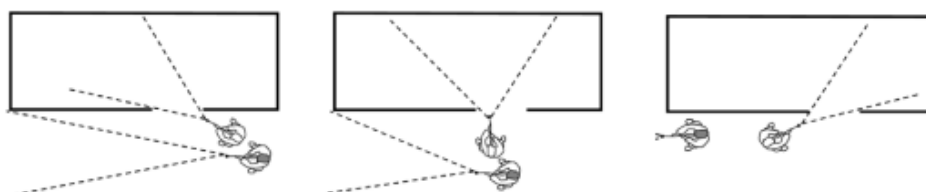


Figura 2-12 Cruce de una puerta o ventana

- Entrada a edificios:
N1 avisará de puerta abierta y continuará el avance mientras registra la puerta, el resto del equipo repite la señal para que todos estén informados.

N1, N2, N3 y N4 entran a limpiar.

- **Cruce de esquinas:**
N1 informa de la esquina y visualiza la siguiente posición segura que va a alcanzar, mientras que N2 se prepara. Cuando N2 toque la espalda a N1, N2 cubrirá la esquina y N1 se desplazará a dicha posición. Posteriormente el resto del equipo pasa por detrás de N1 para continuar y N2 se incorpora a retaguardia.

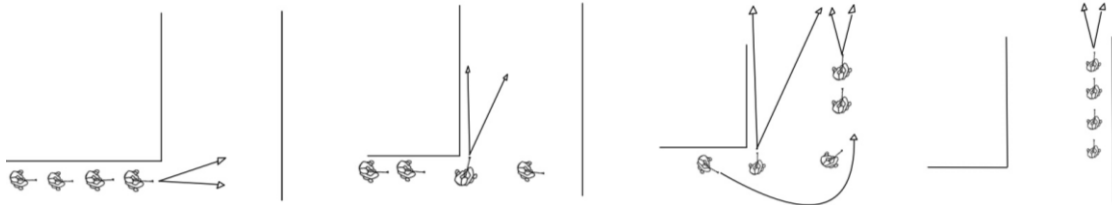


Figura 2-13 Cruce de esquinas

- **Cambio de acera:**
N1 y N2 cruzan y N2 pasa a cubrir el lado opuesto al que cubría al igual que N3 y luego cruzan el resto del equipo.

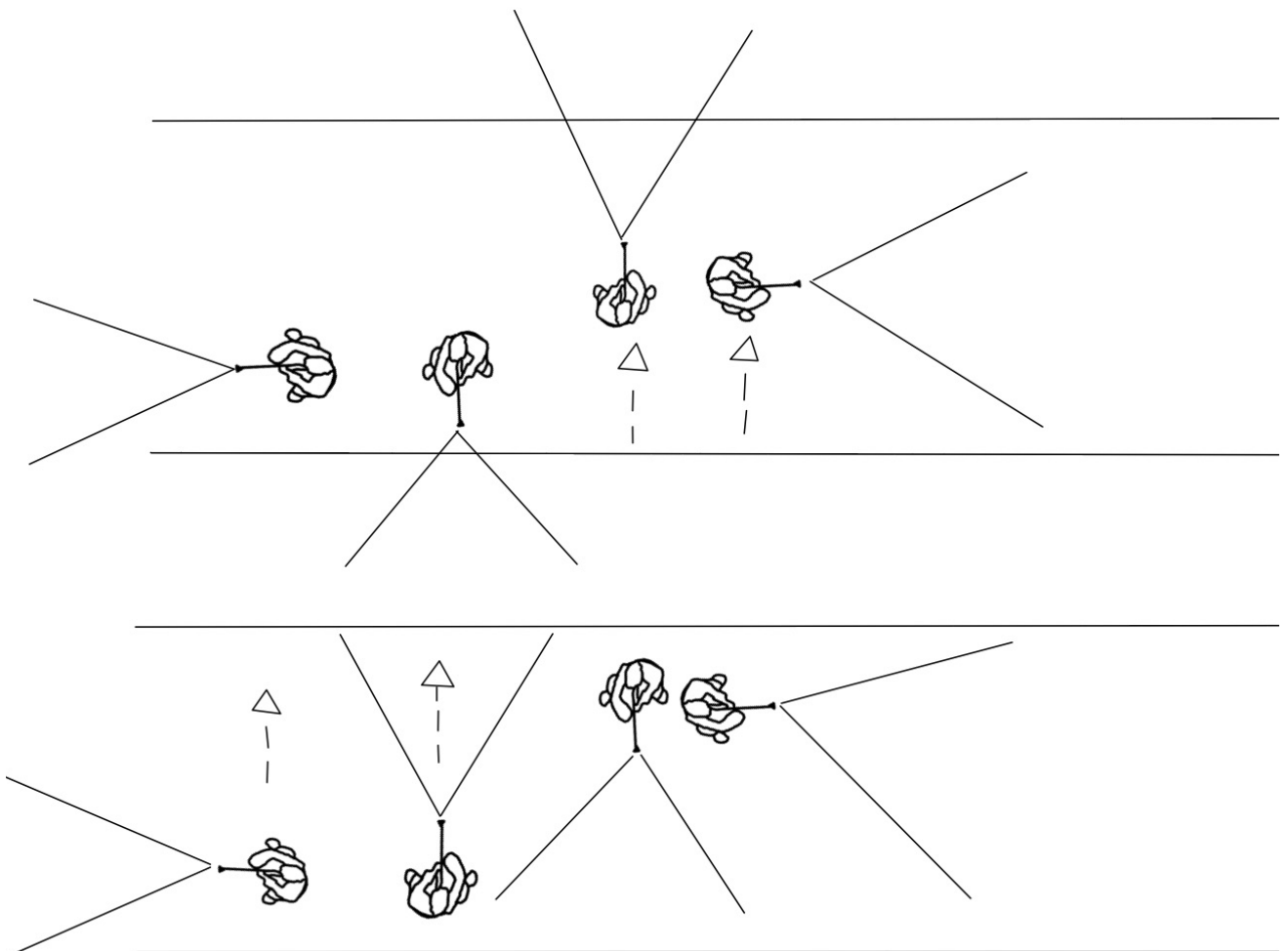


Figura 2-14 Cambio de acera

- Giro por binomio en T:
N1 cubre la vanguardia, N2 cubre la calle por donde se va a progresar. Cruce del resto del equipo e incorporación de N2 y N1 en ese orden.

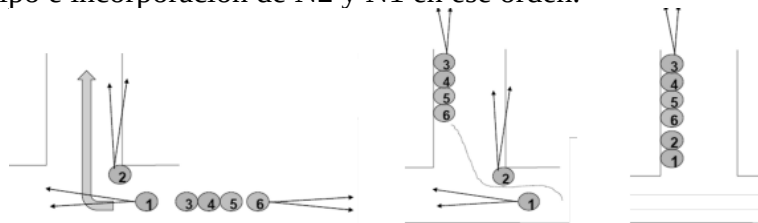


Figura 2-15 Giro por binomio en T [22]

- Entrada a un edificio por binomios:
Si los miembros del binomio se encuentran situados a ambos lados de la puerta, la entrada se realizará cruzada.

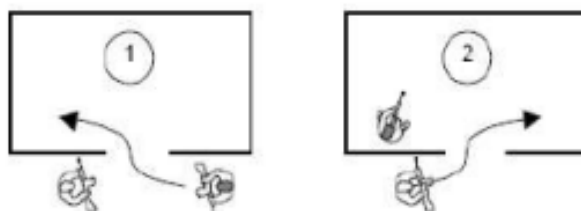


Figura 2-16 Entrada en un edificio por binomios por ambos lados [22]

En el caso en el que ambos miembros del binomio estén situados en el mismo lado de la puerta.

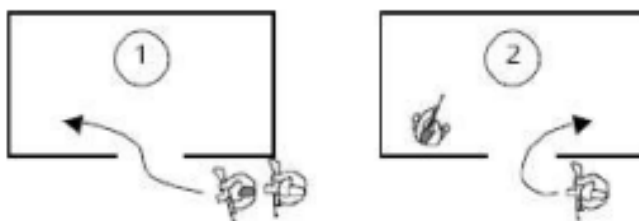


Figura 2-17 Entrada en un edificio desde el mismo lado [22]

2.3 Simuladores en el ámbito civil

2.3.1 Historia de los simuladores

Lo que conocemos hoy en día como simulador es un sistema tecnológico cuyo objetivo es modelizar situaciones reales utilizando un ordenador para ello. Por consiguiente, el desarrollo de los modernos simuladores encontrados hoy en día va de la mano de la evolución de la informática. La historia de los simuladores se remonta a la segunda guerra mundial, cuando los científicos John Von Neumann y Stanisław Ulam utilizaron métodos de estadística y números aleatorios para investigar el movimiento de los neutrones [23]. Más tarde, en la década de los 70, se comenzaron a desarrollar los primeros simuladores de vuelo. No fue hasta los años 80 y 90 que el género se empezó a utilizar con fines lúdicos en salones recreativos. El videojuego Utopía de Don Daglow a mediados de los 80 fue el primer gran éxito de los simuladores en el ámbito civil. Años más tarde, *Flight Simulator* de Microsoft, del que se hablará posteriormente, fue anunciado y hoy es uno de los títulos más realistas que existen [24].

Otra faceta en la que tuvo gran éxito la simulación en la década de los 80 es la deportiva. Títulos de boxeo, ciclismo o carreras de automóviles dieron una gran experiencia a los jugadores durante aquellos

años [25]. Con la llegada del nuevo siglo surgió una idea que cambió el género en gran medida, la simulación social. *Sim City* es un videojuego de simulación que hoy en día sigue teniendo un alto éxito mundial. Inmersos en este simulador, los jugadores empezando desde la nada crean sus hogares, consiguen amistades e interaccionan los unos con los otros [24].



Figura 2-18 Simulador social *Sim City* [26]

Hay una gran variedad de simuladores disponibles en tiendas digitales como *Steam*. Desde los simuladores de citas con palomas de *Hatoful Boyfrined* hasta simuladores rurales como *Goat Simulator*. La mayoría de estos juegos ofrecen modos de carrera y desarrollo profesional, lo que permite a los jugadores avanzar en su experiencia. Estos simuladores modernos se basan en juegos anteriores que combinaban recompensas con una experiencia inmersiva a través de la simulación [24].

2.3.2 Simuladores en la actualidad

Los sistemas de simulación se utilizan en una variedad de sectores, desde la aviación y el espacio hasta la medicina, el sector militar, el transporte y la industria. La simulación se utiliza para predecir cómo funcionarán los sistemas, mejorar la toma de decisiones y prevenir riesgos en situaciones complejas. Los *softwares* de simulación también permiten recrear el entorno de producción y mejorar la distribución de los componentes [27].

En resumen, la simulación se utiliza en la ingeniería de sistemas para identificar fallos y optimizar resultados, además podemos entender el comportamiento de un sistema y predecir su comportamiento futuro [28]. Así mismo, la realidad virtual ofrece un sinfín de posibilidades en la educación, ya sea en la escuela o en la universidad, lo que permite una mejor comprensión de conceptos, sistemas y eventos históricos o futuros. Los países avanzados incluyen esta herramienta educativa para mejorar las capacidades de sus estudiantes. Es especialmente efectiva en carreras como arquitectura o ingeniería, permitiendo ver modelos reales, y aún más en la medicina, permitiendo observar el cuerpo humano y sus sistemas internos [29]. En la industria marítima la realidad virtual puede ser utilizada para capacitar al personal, permitiéndoles practicar situaciones críticas y entender cómo sus acciones pueden afectar el resultado. Esto puede ayudar a prevenir accidentes y garantizar la seguridad tanto de los trabajadores como de los recursos de la industria. Fundamentalmente, la capacitación VR (*Virtual Reality*) puede ser una herramienta valiosa para mejorar la seguridad en el sector marítimo [30]. Otro gran uso de la tecnología de simulación y VR se encuentra en el sector de la industria e infraestructura. Debido a la naturaleza peligrosa de su trabajo, es esencial tener un personal altamente capacitado y capaz de lidiar con situaciones de riesgo. La realidad virtual es una forma efectiva de adiestrar al personal, ya que les permite participar en simulaciones de situaciones de riesgo para comprender los riesgos de la industria

y aprender técnicas efectivas para manejarlos. El entrenamiento VR brinda al personal habilidades como el control de áreas operacionales, manejo de situaciones críticas con personal especializado, y manejo de personal y civiles en situaciones de riesgo, todo en un ambiente seguro y controlado para dominar su adiestramiento [31].

2.3.3 Diseño de videojuegos con VR

A mediados de la década de los noventa, se comenzó a implementar la realidad virtual en los videojuegos, siendo Nintendo y Sega las empresas puntero en los proyectos de esta índole. Sin embargo, el año 2010 fueron creadas las primeras gafas de realidad virtual por la compañía *Oculus Rift*, que es hoy en día parte de la bien conocida empresa; *Meta*. Hoy en día, la realidad virtual es una tecnología altamente avanzada cuyo desarrollo crece exponencialmente cada año [32].



Oculus Rift

Figura 2-19 Visor de realidad virtual *Oculus Rift* [32]

2.3.3.1 Definición

La realidad virtual es una tecnología que permite a los usuarios experimentar un mundo virtual generado por computadora. Con la ayuda de un dispositivo como gafas VR, se crea la sensación de estar dentro de este mundo, interactuando con los objetos y ambientes virtuales.

La realidad virtual puede basarse en entornos reales o imaginarios y ofrece una amplia gama de aplicaciones, como visitar propiedades no construidas, volar aviones o montar en montañas rusas. El objetivo es brindar una experiencia de inmersión total y permitir que los usuarios se conviertan en parte y posiblemente en los protagonistas de ese mundo virtual.

2.3.3.2 Famosos videojuegos de realidad virtual

Pese a no ser los más conocidos, existen gran cantidad de productos de realidad virtual para distintas plataformas, cuya calidad es excepcional y proporciona al usuario una experiencia inmersiva de primer nivel. Algunos ejemplos son:

- *Assetto Corsa*: Simulador de carreras de vehículos de primer nivel. Desarrollado por el estudio italiano Kunos Simulazioni. Imprime realismo y mecánicas en la conducción para

el disfrute del usuario. Es considerado uno de los videojuegos de realidad más exigente del mercado y tiene gran popularidad en el mundo automovilístico [33].



Figura 2-20 Simulador de conducción Assetto Corsa [34]

- *Microsoft Flight Simulator*: Un simulador de vuelo cuyo objetivo es realizar una simulación a escala real del planeta Tierra, que un usuario tendría la posibilidad de sobrevolar. Un videojuego de calidad gráfica excepcional, y brillante utilización de las posibilidades 3D en el diseño [33].



Figura 2-21 Microsoft Flight Simulator [35]

2.3.4 Motor gráfico Unreal Engine 5.1

Una de las partes cruciales de este proyecto es el diseño y programación en realidad virtual. Para ello se han utilizado varios programas cuyas características serán descritas en este apartado. Entre ellos está la versión 5.1 de *Unreal Engine*.

Esta plataforma lanzada por la empresa *Epic Games* en el año 2015, puede ser descargada por cualquiera para la creación de un videojuego; en un principio fue creada para el uso de los

desarrolladores, pero finalmente se puso a disposición de todo aquel interesado en crear videojuegos de todos los niveles de complejidad [36].



Figura 2-22 Plataforma de Epic Games, Unreal Engine [37]

En el año 2016 la empresa comenzó a implementar la tecnología VR, con capacidades técnicas avanzadas para mejorar la experiencia visual, como altas tasas de renderizado, gráficos detallados y sombras realistas. *Epic Games* está comprometida con la realidad virtual y ha creado herramientas para fomentar su desarrollo [36].

2.3.5 Tarjeta gráfica NVIDIA RTX 3050 Ti

En este apartado se dará a conocer el hardware necesario para la realización de este proyecto y sus características principales. Para las primeras fases de diseño y programación se ha utilizado un ordenador personal del que cabe destacar su tarjeta gráfica NVIDIA GEOFORCE RTX 3050 Ti y su procesador Intel CORE I7. A continuación, para la fase final del proyecto se han utilizado las gafas de RV HTC Vive [38].

Una tarjeta gráfica es un dispositivo que procesa la información para luego mostrarla en un monitor, es un componente importante en la industria de los videojuegos y se conoce también como GPU (Unidad de Procesamiento Gráfico), puede ser una tarjeta dedicada o integrada. La GPU dedicada es una tarjeta completa que se inserta en la placa base, mientras que la GPU integrada se encuentra en el procesador y es más compacta y eficiente en términos de energía. Consecuentemente, la tarjeta gráfica es esencial para mostrar la información y las acciones realizadas en un ordenador de manera visual en un monitor. Sin ella, el usuario no verá nada en la pantalla y no tendrá ninguna forma de interactuar con el equipo [38].

Más específicamente, la tarjeta gráfica mencionada en este apartado fue presentada por la empresa Samsung en mayo de 2022, con una tasa de textura de 135.60 GTexel/s y una tasa de píxel de 54.24 GPixel/s dando aportes más que suficiente para el software descrito anteriormente [39]. Según la famosa plataforma de videojuegos *Steam*, esta tarjeta gráfica fue de las más utilizadas por los jugadores en el año 2022 debido a tecnologías como como *Ray Tracing* y *DLSS* [40].

Cuenta con 6144 núcleos de procesamiento gráfico y tiene la arquitectura Ampere, que le aporta la capacidad de trazado de rayos en tiempo real, sombreado de tasa variable, y DLSS para mejor rendimiento de las aplicaciones.



Figura 2-23 NVIDIA RTX 3050 Ti [41]

2.3.6 Gafas de realidad virtual

El origen de las gafas de realidad virtual está fuertemente ligado al mundo cinematográfico. Es el año 1963 en el que podemos ver el primer gran ejemplo de ellas. El investigador Hugo Gernsback inventó “*The Teleyeglasses*” una televisión de pequeñas dimensiones con dos antenas que se sujeta a la cabeza como unas gafas. Este dispositivo no permitía el movimiento dentro del mundo virtual, pero sí que daba una sensación inmersiva de alta calidad [42].

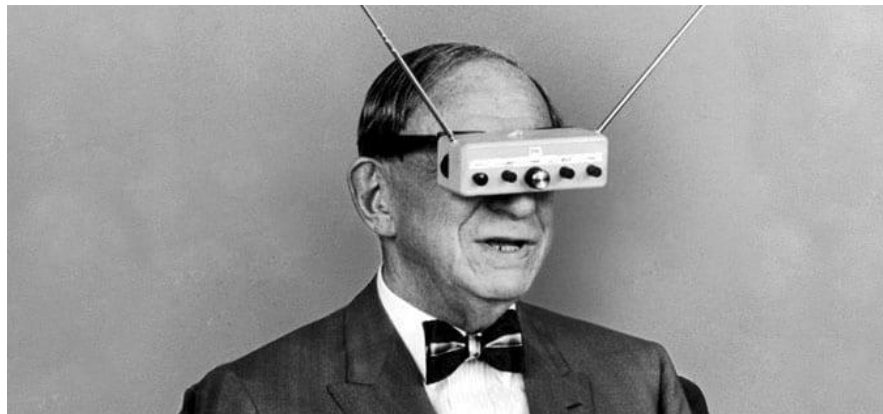


Figura 2-24 The Teleyeglasses [42]

Con la llegada de los videojuegos llegaron también los avances en la inmersión con gafas VR. En el año 1995 Nintendo sacó la primera consola *Virtual Boy* que resultó ser un fracaso y fue retirada del mercado a los seis meses [42].

Fue el estadounidense Palmer Luckey quién en 2012 creó un prototipo “*Oculus*” que tuvo gran éxito. Estas gafas permiten al usuario tener una visión de 360° en un mundo 3D. Tal fue la repercusión de estas gafas de VR, que Facebook decidió comprar el prototipo por dos billones de dólares americanos en 2014. Hoy en día, gracias a este prototipo multinacionales como Samsung, Google o Sony ya han apostado por esta tecnología [43].

2.3.6.1 RV HTC Vive

Para tener una experiencia en realidad virtual (RV), es importante tener el equipo adecuado. Actualmente, existen dos tipos de equipos en el mercado: los que ofrecen una experiencia inmersiva desde un punto de vista fijo, como las gafas *Quest Pro* de Samsung o las *Vive XR Elite*, y los que integran el seguimiento continuo del usuario y la validación de los movimientos y gestos realizados con las manos.

Las gafas *HTC Vive Pro* pertenecen a esta segunda categoría y son consideradas por muchos como las mejores del mercado debido a sus prestaciones, versatilidad y comodidad. Son las gafas que realmente han permitido al usuario pasar de ser un mero espectador, a estar completamente involucrado en el juego.



Figura 2-25 RV HTC Vive Pro[44]

Este sistema se conecta a un ordenador a través de un puerto USB, HDMI o *Displayport*. Hay que destacar que tiene un cable de una longitud aproximada de cinco metros que permite gran movilidad al usuario. Por otra parte, tiene una caja de enlaces a la que conectaremos las distintas piezas de nuestras gafas al igual que unos auriculares de cable corto. Por último, tiene unos mandos inalámbricos con enchufe propio que se utilizan para la movilidad dentro del juego [45].

Gracias a la gran madurez que ha alcanzado esta tecnología hoy en día, hace posible que la realización del presente proyecto haya transcurrido sin mayor complicación. El hecho de que estos dispositivos se encuentren accesibles globalmente, impulsa la continuación de su desarrollo.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Descripción del apartado

Enmarcado en el apartado de desarrollo, se encontrarán dos partes diferenciadas. La primera se centrará en el diseño del escenario físico en el que el individuo desarrollará su misión. Posteriormente, se dará paso a la parte de programación de los distintos actores de la simulación. Una vez se han completado ambos apartados, será posible interactuar entre el mundo virtual y el real. Consecuentemente, se tendrá la posibilidad de recrear movimientos, eventos, cinemáticas o animaciones gracias al equipo de realidad virtual. Asimismo, se llevará a cabo una exhaustiva explicación de todos los eslabones que conforman la simulación de este escenario de combate para el adiestramiento.

3.2 Diseño del escenario

Antes de abrir el programa que utilizaremos para el diseño del escenario inmersivo de combate, debemos acceder a la aplicación *Epic Games Launcher*. Desde este *software* se descargará *Unreal Engine* y todas sus actualizaciones al igual que contenido adicional que será de gran utilidad en el futuro.

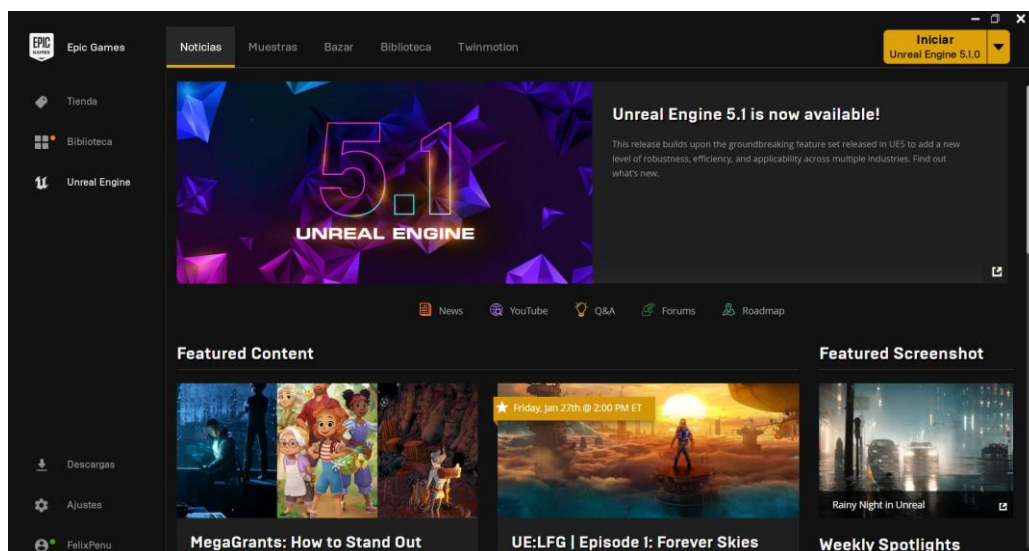


Figura 3-1 Epic Games Launcher

Dentro de la aplicación se encontrará el apartado *Unreal Engine* desde el que podremos acceder a la aplicación en la esquina superior derecha, al igual que foros, noticias, blogs, biblioteca y el apartado de más relevancia para el presente proyecto, bazar. En el bazar se puede descargar todo tipo de figuras,

movimientos, mecánicas de sonidos, efectos visuales por todo tipo de precios. La gama de productos llega desde un ecosistema vivo hasta un portaaviones estadounidense a escala.

3.2.1 Creación del proyecto

Una vez iniciado *Unreal Engine* desde *Epic Games Launcher*, se abrirá la aplicación y se creará el proyecto. Debido a la índole de este, en el apartado de “*Games*” utilizaremos la plantilla de realidad virtual. Esta plantilla incluye la posibilidad de coger objetos, locomoción, giros rápidos, cuerpos interactivos, audio espaciado de Google y la cámara de espectador de VR. Es importante tener seleccionada la casilla de *Starter Content* para los primeros pasos del proyecto.

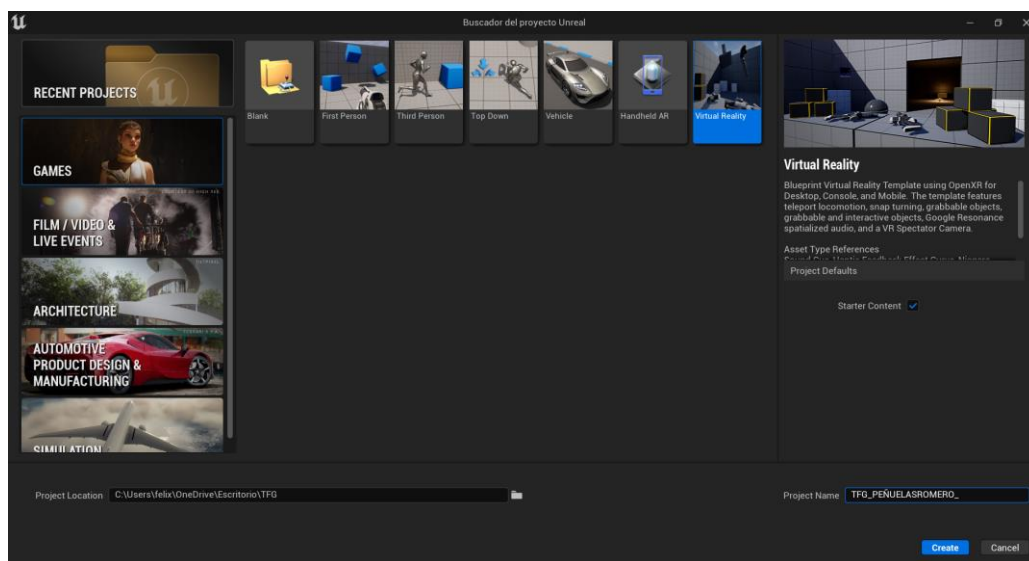


Figura 3-2 Crear un proyecto en *Unreal Engine*

Posteriormente, nombraremos el proyecto y se ubicará en la carpeta correspondiente para finalmente pulsar “Crear”.

3.2.2 Creación del terreno y primeros pasos

Lo primero que se realizará una vez iniciado el nivel será crear un nuevo nivel. Pulsando el ratón derecho en *Content Drawer* se tendrá la opción de crear nivel, se le asignará el nombre “Escanariodecombate” e indicará que sea un nivel en blanco. El siguiente paso será seleccionar el modo terreno y crear una superficie plana en la que se colocará el escenario.

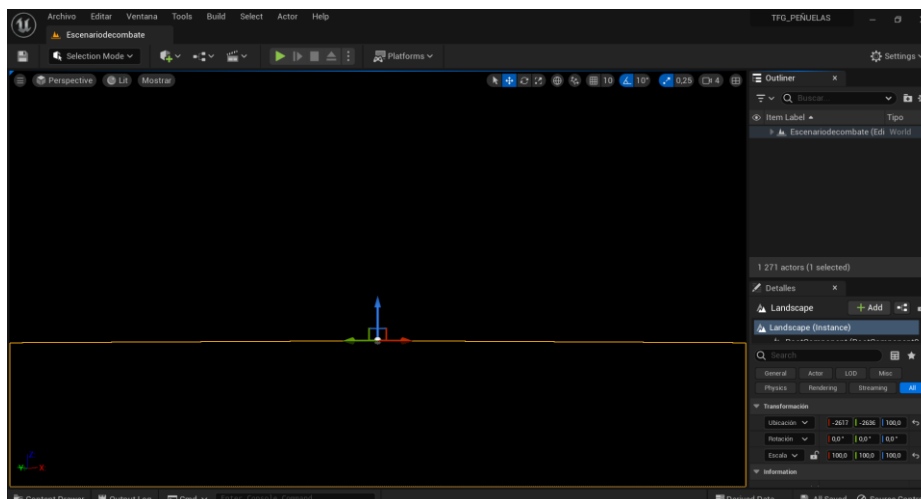


Figura 3-3 Nuevo nivel y *Landscape* inicial

Como se puede observar en la Figura 3-3, el nivel no tiene ningún tipo de efecto visual por lo que la pantalla saldrá en negro. Se abrirá la ventana de “añadir al proyecto” y en efectos visuales añadiremos:

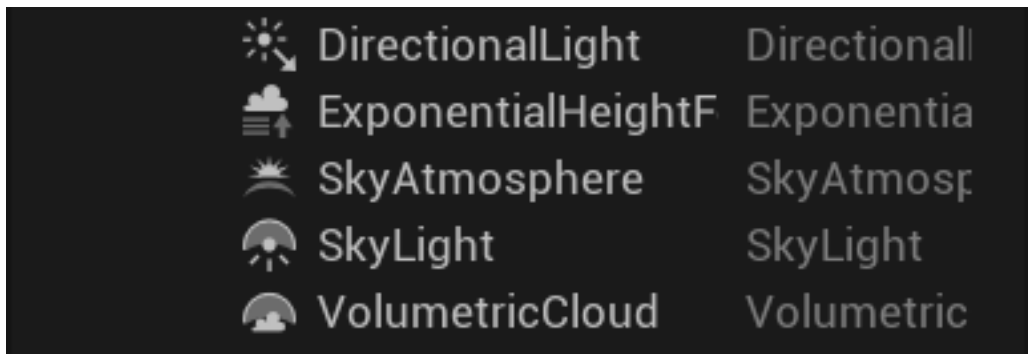


Figura 3-4 Efectos visuales

- Luz direccional: Es una luz que proviene de un punto infinitamente lejano. Sombras paralelas entre sí serán creadas en los objetos haciendo de este efecto la perfecta simulación de la luz solar.
- Niebla de altura exponencial: Una niebla que se hace menos densa a medida que sube la altura. Es una buena transición entre el terreno y el cielo sin cambios bruscos ni cortes.
- Atmósfera del cielo: Crea el cielo y representa la propagación de la luz en él.
- Luz del cielo: Captura las largas distancias del mundo creado y refleja la luz en los distintos puntos.
- Nubes volumétricas: Genera nubes en el escenario de manera realista.



Figura 3-5 Escenario una vez añadidos los efectos visuales

3.2.3 Material del terreno y estructura básica del escenario

Antes de comenzar a elaborar los edificios definitivos del escenario, se va a proceder a realizar un “boceto” de su estructura principal.

3.2.3.1 Quixel Bridge

Antes de aplicar un material al terreno se ha de conocer una de las herramientas más útiles de *Unreal Engine*. Esta es *Quixel Bridge*, una biblioteca gratuita de la que podemos descargar hasta 13000 tipos de materiales, objetos 3D, superficies o calcomanías. Gracias a esta herramienta, el diseñador es capaz de crear niveles de todo tipo con gran fluidez y detalle. Asimismo, *Quixel Bridge* también ofrece herramientas para la edición y personalización de los assets, lo que permite a los desarrolladores personalizar y adaptar los recursos a sus necesidades específicas.

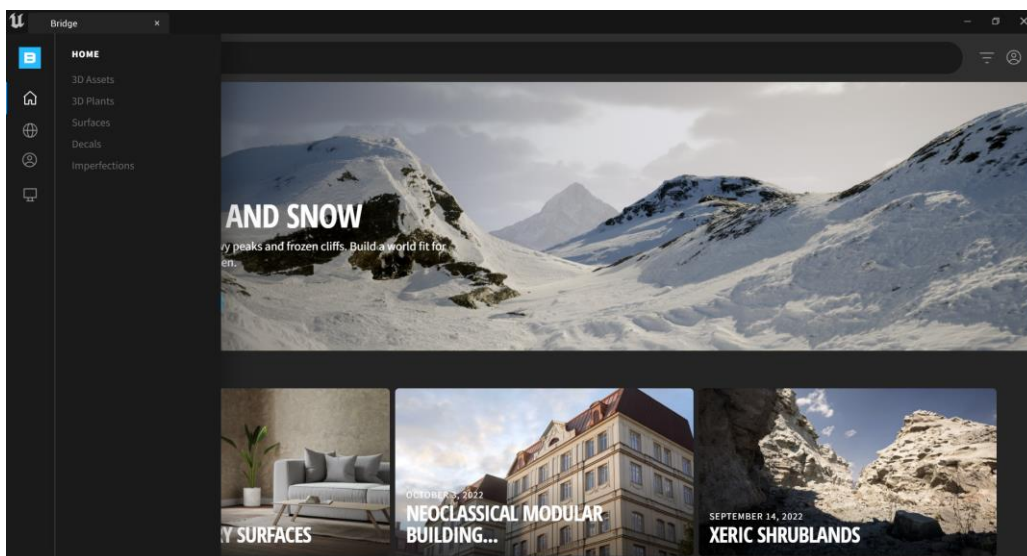


Figura 3-6 Quixel Bridge

En la Figura 3-7 tenemos un ejemplo en el que se ha buscado un material para el terreno de nuestro escenario. Una vez seleccionado entre una amplia variedad se pulsará el botón de descargar y posteriormente se añadirá al proyecto en cuestión. Este proceso se llevará a cabo en múltiples ocasiones debido a la cantidad de objetos que será necesario importar a nuestro proyecto en la carpeta de “Megascans”.

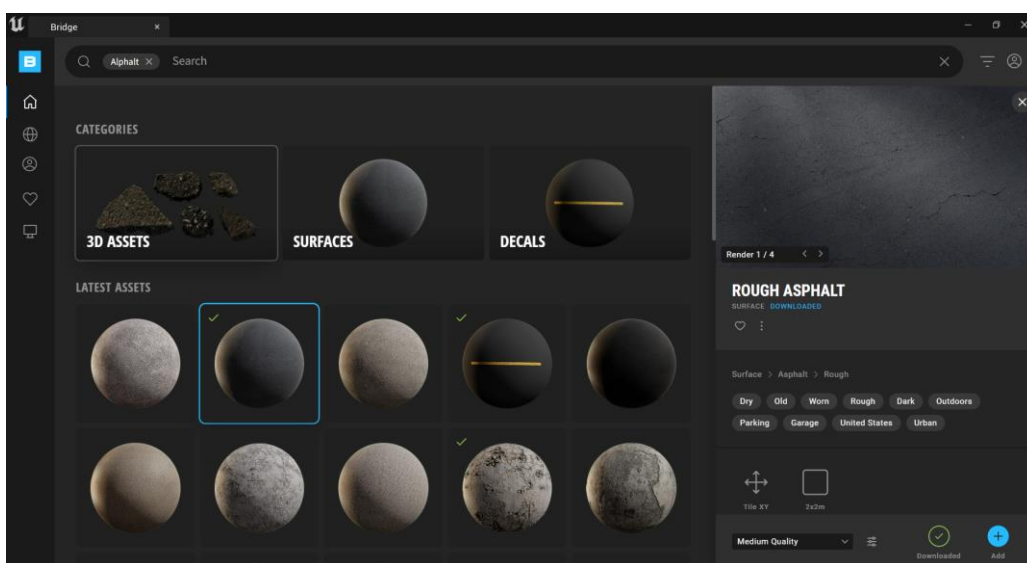


Figura 3-7 Importar desde Quixel Bridge

3.2.3.2 Material del terreno

Ahora que el material deseado ya ha sido descargado e importado al proyecto, debe ser añadido al terreno. Cabe recalcar, que el material del terreno es un conjunto de texturas, *shaders* y efectos que se combinan para crear una superficie compleja y detallada en el terreno. Se pueden añadir diferentes texturas, tales como hierba, rocas, tierra, nieve, entre otras, para darle variedad y realismo al terreno. Para ello debemos pulsar la instancia del terreno y arrastrar dicho material desde el cajón de contenido hasta el apartado de “material”, en la ventana de detalles. Una vez realizado se observará como la totalidad del terreno adquiere ese material. También, se ha ajustado la escala del material para mostrar más realismo.

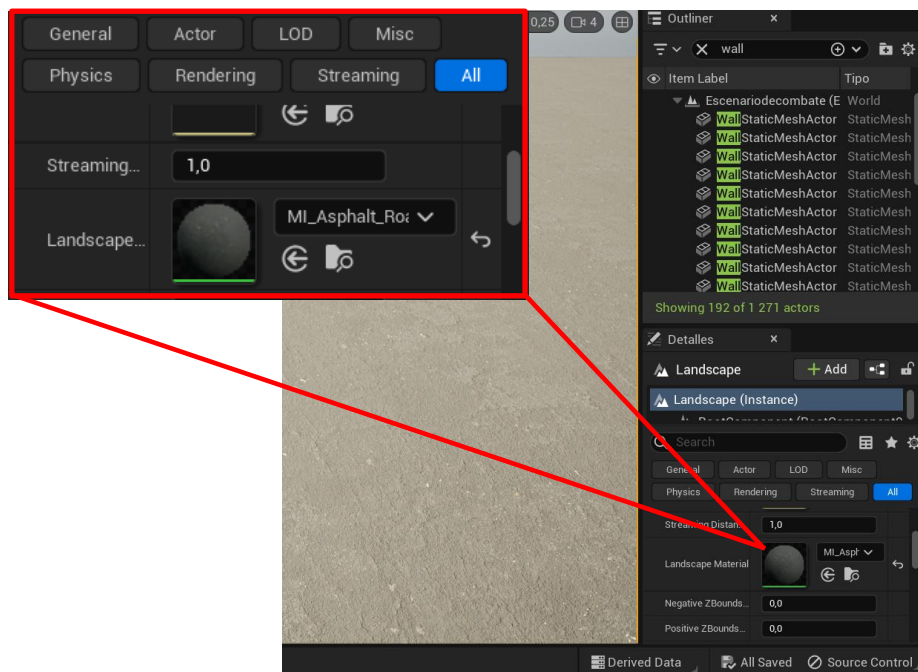


Figura 3-8 Material añadido al terreno

3.2.3.3 Estructura inicial

Dentro del cajón de contenido se encuentra una carpeta creada por el sistema llamada “*StarterContent*”. En este se ubican diferentes formas, materiales, texturas, y demás, que podrán ser utilizados en todo momento. Es un contenido de gran utilidad para el comienzo del proyecto, sin embargo, a medida que la complejidad en el diseño aumenta, este pasa a ser un contenido muy limitado.

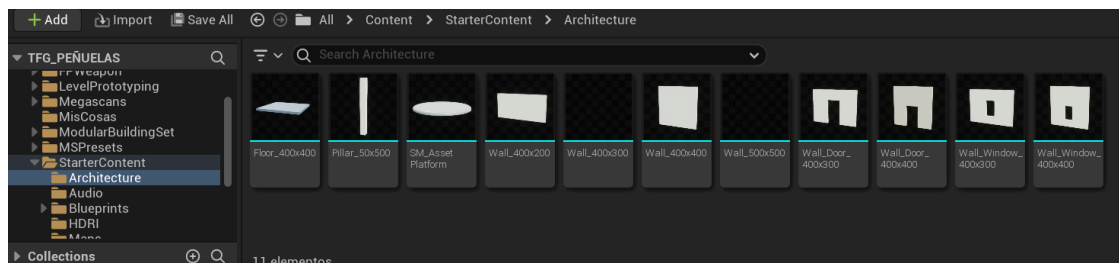


Figura 3-9 Utilidad de StarterContent

Dentro de *StarterContent* se encuentra la carpeta de arquitectura, que será utilizada para elaborar la estructura inicial de nuestro proyecto. En la Figura 3-10 es posible observar el resultado final de esta simple estructura.

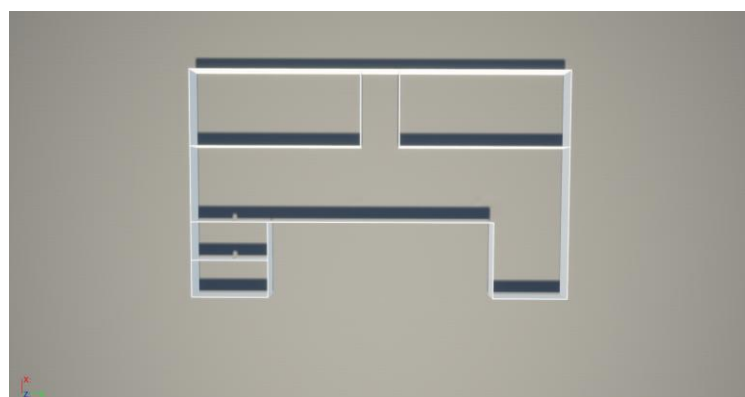


Figura 3-10 Estructura básica del escenario

3.2.4 Posicionamiento de aceras y creación del primer edificio

Ahora que conocemos la estructura de la calle, se procederá a darle forma. Primero colocaremos la acera y posteriormente crearemos el primer edificio.

3.2.4.1 Aceras del escenario

Desde *Quixel Bridge* se importará el kit para construir medianas, observable en la Figura 3-11. Las colocaremos alrededor de todo el escenario de manera manual.

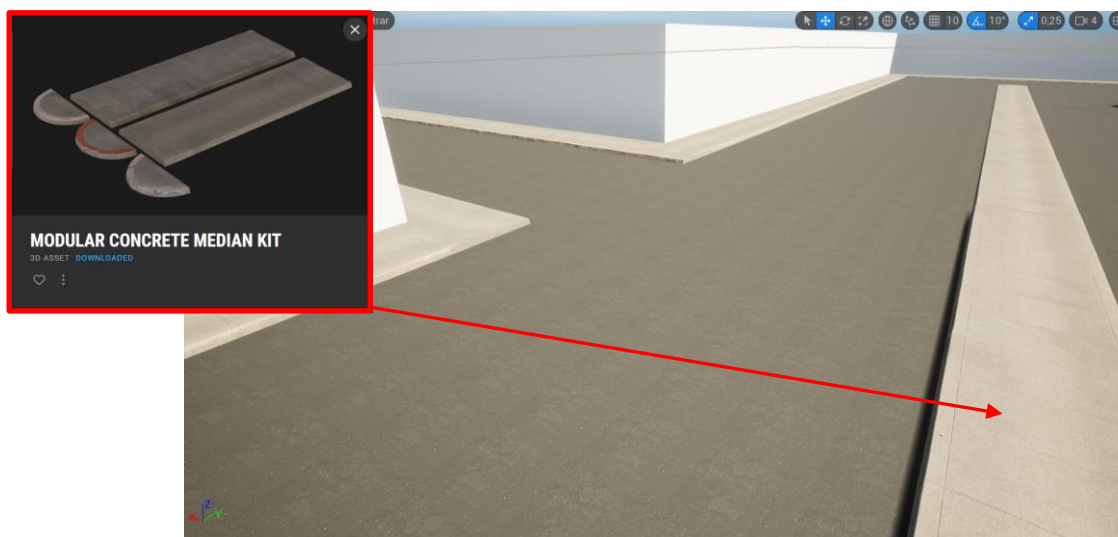


Figura 3-11 Tipo de acera y colocación

3.2.4.2 Primer edificio

Una vez colocadas las aceras, se extraerá de *Quixel Bridge* el kit para el edificio de la parte sureste de nuestro escenario. En la Figura 3-12 queda mostrado el resultado del primer piso.



Figura 3-12 Primer piso edificio sureste

Para la parte del modelado es importante destacar las tres herramientas principales de *Unreal Engine* a la hora de interaccionar con objetos. En la Figura 3-13 se puede observar la herramienta de traslación, rotación y escalado, respectivamente.

Estas herramientas se pueden utilizar en conjunto para transformar objetos de manera compleja y precisa en el espacio 3D. Unreal Engine también ofrece otras herramientas de transformación avanzadas, como el *Snapping Tool* (para alinear objetos), el *Pivot Tool* (para mover el punto de pivote de un objeto), y más, que pueden ayudar a los desarrolladores a trabajar de manera más eficiente y precisa en sus proyectos. Además, cabe destacar la herramienta de copiado a partir de la traslación que se realiza manteniendo pulsada la tecla ALT y arrastrando con el ratón la dirección en el eje que se quiere copiar el objeto.



Figura 3-13 Opciones de interacción con objetos, trasladar, rotar y escalar

Terminado el primer piso, se eliminan las paredes creadas anteriormente debido a que ya no harán falta como referencia, y posteriormente se coloca el siguiente piso. Teniendo en cuenta la utilización de las tres herramientas anteriormente mencionadas para romper la homogeneidad de los materiales al juntarse los objetos.



Figura 3-14 Segundo piso edificio sureste

Por último, se importará el tejado de nuestro edificio y añadiremos calcomanías y detalles a este.



Figura 3-15 Edificio Sureste terminado

3.2.5 Importación de edificios del escenario

Una vez se ha demostrado cómo construir un edificio desde cero, el resto de la calle la obtendremos de un nivel ya generado anteriormente. Para ello se ha de acceder al bazar de *Epic Games* que se mencionó en el primer punto de este apartado. En la tienda encontraremos gratuitamente el set de edificaciones que podemos observar en la Figura 3-16. Este conjunto de objetos se basa en una ciudad abandonada que será de gran utilidad para el presente proyecto debido a la similitud con el escenario de combate que quiere ser representado.

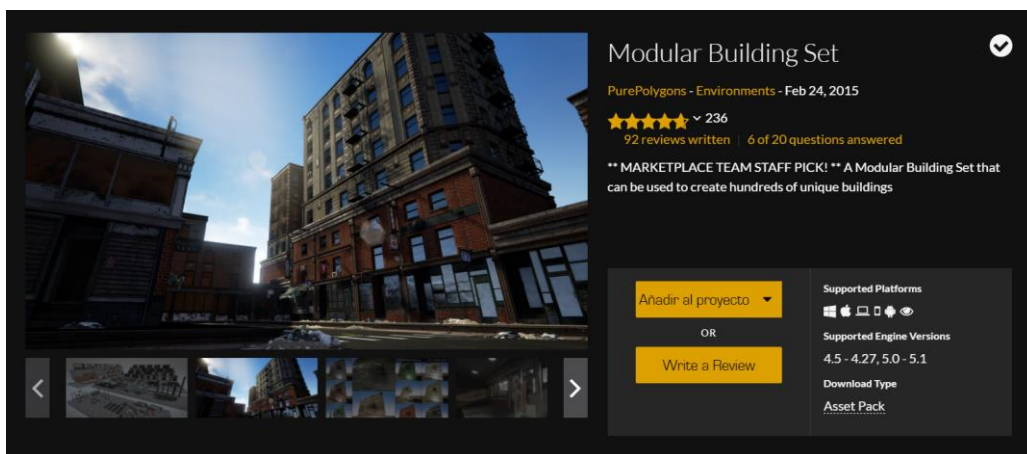


Figura 3-16 Set de edificaciones

Anteriormente, se construyó el edificio pieza a pieza utilizando el set descargado. Sin embargo, en esta ocasión existe la posibilidad de adjuntar a nuestro escenario el edificio ya construido. Para ello, dentro del cajón de contenido se debe abrir la carpeta “ModularSetBuilding” que contiene toda la información recién descargada. Existe un nivel ya construido llamado “Demo_Scene” al que se debe acceder.

Dentro del nivel mencionado, existen varios tipos de edificios que, utilizando la caja de objetos de la derecha, podemos copiar y pegar en nuestro escenario original. Para realizar esto, se debe pulsar ratón derecho sobre la carpeta del edificio que se quiera copiar, pulsar seleccionar, todos los descendientes. Se ha de copiar y volver al nivel Escenariodecombate para posteriormente pegar el edificio.



Figura 3-17 Copiar edificio desde distinto nivel

Para la realización de este apartado es importante conocer el cajón de objetos, o *Item Label*. En él se encuentran todos los objetos, efectos, terrenos, uniones, interacciones y demás, que se encuentran en el nivel. Además, este puede ser organizado al gusto del usuario. Tiene la posibilidad de crear carpetas para clasificar el contenido de nuestro nivel. También posee la característica de ocultar carpetas enteras, lo que facilita el trabajo en el nivel en gran medida.

A continuación, una vez se han pegado los edificios deseados, se pueden mover a gusto del usuario como si fuera un objeto único. Un total de cinco edificios han sido trasladados al escenario de combate, se ha de tener en cuenta que los edificios con su interior accesible serán el edificio SW y el edificio NW y por lo tanto requerirán decoración interior.



Figura 3-18 Colocación de edificios importados

3.2.6 Importación y construcción del edificio noroeste

El edificio situado al noroeste del escenario de combate será el más importante de los seis que es posible observar. En este, es donde se encuentra el almacén de munición enemiga, objetivo de la operación de adiestramiento y es la localización donde más enemigos se encuentran.

En el apartado anterior se importó el edificio completo y se colocó en su respectivo lugar al final del nivel Escenariodecombate. Hay que destacar, que para ello se ha descargado gratuitamente el paquete “Aparment Tech Props” del bazar de Epic Games, dando un aspecto más detallista y real al interior.

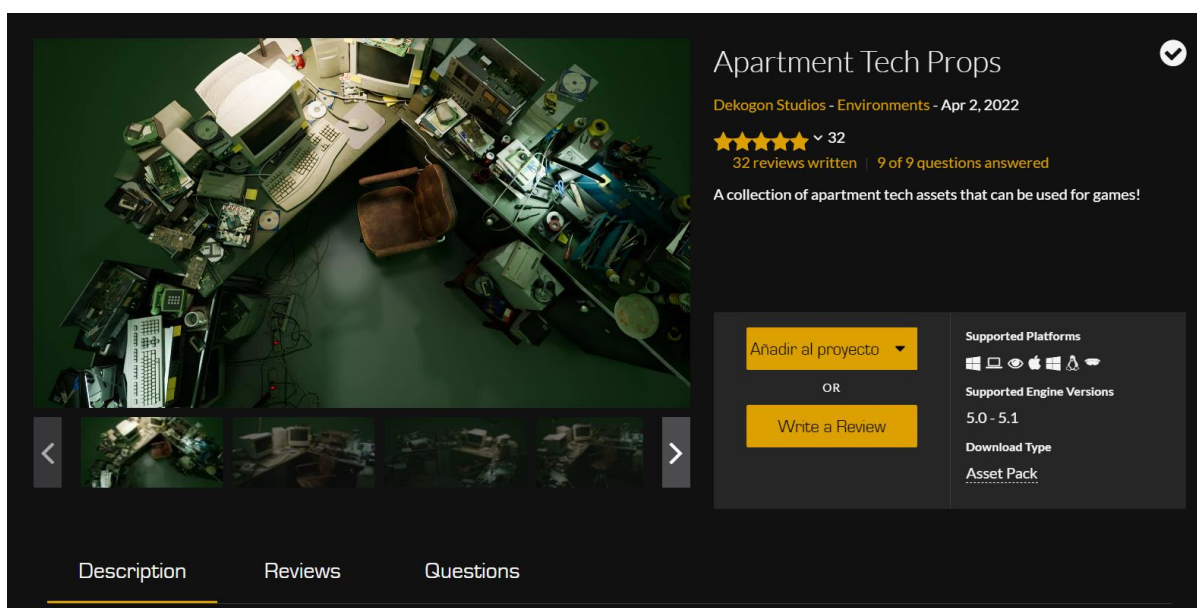


Figura 3-19 Paquete de decoración Aparment Tech Props

En primer lugar, se ha decorado el primer piso del edificio. Se pretende darle un aspecto casual que se asemeje a la recepción de una oficina o local de comercio. En la Figura 3-20 se puede observar el tránsito entre un habitáculo vacío y el resultado final de la decoración.

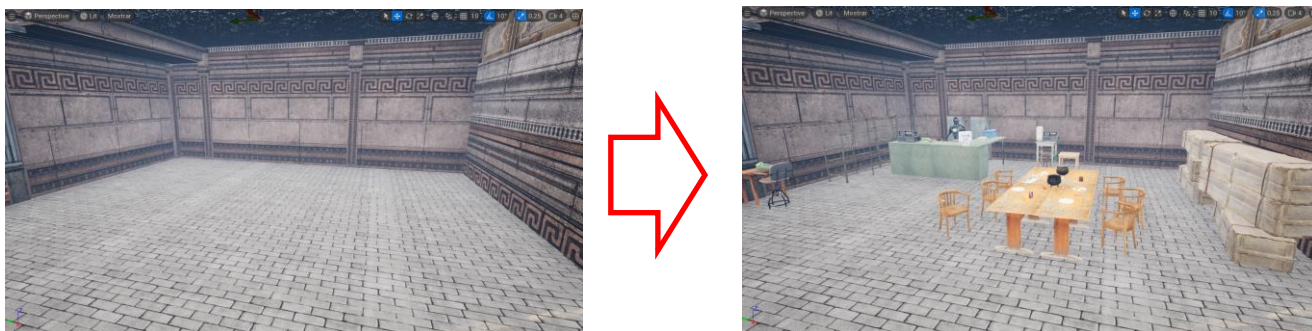


Figura 3-20 Decoración primer piso del edificio NW

A continuación, se decorará el segundo piso en el que se encuentra el almacén de munición. Para acceder a esta parte del edificio se ha de subir por las escaleras situadas en la parte derecha del primer piso. Es la última habitación y parte final del escenario, encontrando dos enemigos en su interior. Para las estanterías y las cajas de munición se han descargado todos los objetos en la librería *Quixel Bridge*.



Figura 3-21 Decoración segundo piso del edificio NW

3.2.7 Resto de detalles del escenario

Finalizados los edificios, interiores y sus decoraciones faltaría conectar estos con diferentes objetos y calcomanías. El objetivo es conseguir dar una apariencia de descuido y destrucción, como ocurriría en una ciudad en un conflicto.

En todo momento se ha de tener en cuenta la funcionalidad del escenario y para lo que se va a utilizar. No se debe obstruir completamente una carretera o dejar espacios vacíos por los que el jugador pueda salir del escenario. Además, se ha añadido sonido ambiente típico de una ciudad abandonada que ayuda a la inmersión del usuario en la simulación.

3.2.7.1 Posiciones enemigas y muros exteriores del escenario

Para cerrar la calle se ha utilizado el mismo tipo de pared que para el edificio sureste, pero con una apariencia más descuidada y se ha colocado alambre de espino en la parte superior de dicho muro con fines decorativos. La función de estos elementos del escenario es imposibilitar que el jugador pueda salir de este y estropear así la experiencia en la inmersión. Para evitar este problema se han añadido también elementos en las calles que se encuentran entre los edificios.

Además, se han colocado dos posiciones defensivas en las que se encuentran dos enemigos. La primera posición se ha colocado con el fin de que el usuario practique la angulación en la primera esquina y pueda neutralizar al primer enemigo. Posteriormente, existe una segunda posición defensiva en el cruce de la parte este del escenario. La finalidad de esta es practicar la cobertura de un cruce en un equipo de fuego.



Figura 3-22 Posición defensiva del cruce

Cabe destacar el muro mencionado anteriormente para cerrar esta posición defensiva. Además, la barricada creada con sacos de arena, importados desde *Quixel Bridge*, les da cobertura a los enemigos del escenario, complicando más el acierto del usuario e imprimiendo realismo al ejercicio.

3.2.7.2 Calcomanías utilizadas

Una de las características más destacadas de *Unreal Engine* es la gran integración y detalle en las calcomanías que se pueden importar a un proyecto. En el programa son conocidas por su traducción en inglés, *decals* y se definen como, materiales que se adhieren a cualquier geometría dentro de un nivel mediante un volumen que colisiona con la propia malla. [46] Existen varias utilidades para los *decals* entre las que se encuentran, las señales de la carretera, los pasos de cebra, flechas de dirección, giros, figuras, grietas y agujeros en el suelo y grafitis en la carretera. En los edificios se han colocado grafitis, carteles, grietas o manchas de sangre.



Figura 3-23 Calcomanías utilizadas

3.2.7.3 Actores añadidos como decoración

Por último, se han añadido distintos objetos para dar realismo al escenario. Entre ellos están los árboles situados en la mediana de la calle, que han sido descargados del bazar de *Epic Games*. También, se pueden encontrar distintas barreras de hormigón destruidas, tubos de hormigón, basuras, señales de tráfico, cajas de cartón, escaleras de incendios, cuadros eléctricos, fontanería y buzones, todo importado desde la librería *Quixel Bridge*.

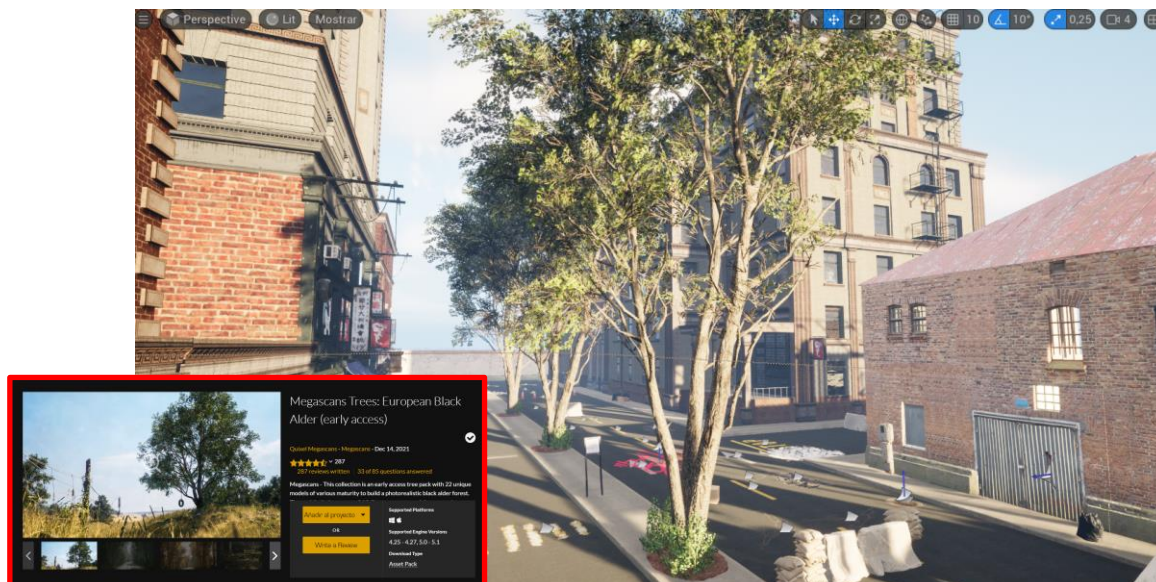


Figura 3-24 Árboles y arbustos importados

3.2.8 Importación del fusil y mira telescópica

Para el adiestramiento del combatiente, es necesario importar a nuestro escenario el fusil HK G36. Este es el arma utilizada por las fuerzas armadas españolas con el que es necesario que se adiestre el usuario. Para ello se ha descargado de internet el modelo de HK G36 en inventor. Posteriormente se ha transformado al formato de *Unreal Engine* “.fbx”, utilizando el programa *CAD Echanger Lab*. El archivo se ha importado al cajón de contenido dentro de la carpeta “MisCosas” en el apartado “HKG36”. Además de importar el objeto a nuestro escenario se han cambiado los materiales para darle un color más realista.

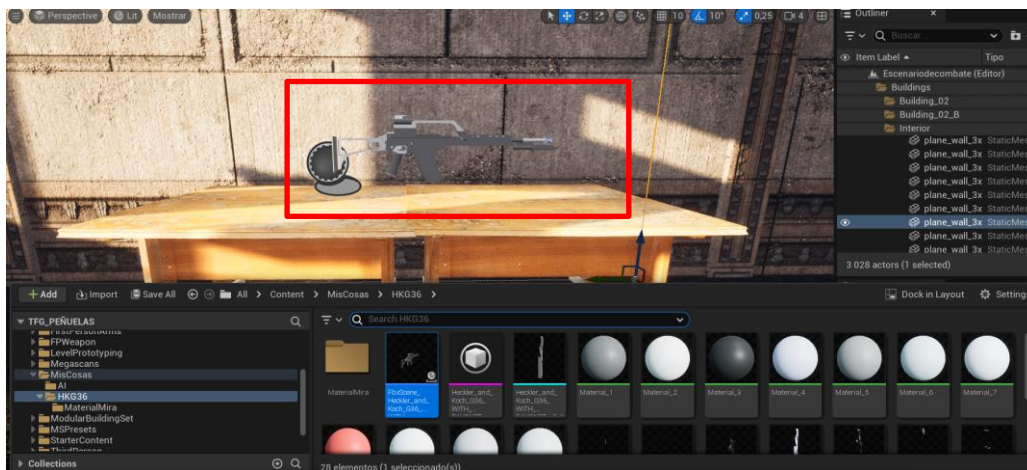


Figura 3-25 HK G36 utilizado por el usuario

A continuación, se ha de realizar la inserción de la mira de tres aumentos del HK G36. El primer paso es crear una carpeta llamada MiraHK en la que crearemos un *render target* llamado “RenderHK” y se establecerá su tamaño a 1024 x 1024. Posteriormente será creado un material nuevo llamado “Materialdelamira” que nos permitirá imprimir la imagen en directo en nuestra mira de tres aumentos. Para la forma de la mira se han descargado dos archivos de la red y se han guardado en la carpeta MiraHK. En la Figura 3-26 queda demostrado el BP del material para obtener la imagen que obtiene el render creado anteriormente junto con las imágenes de la mira deseada.

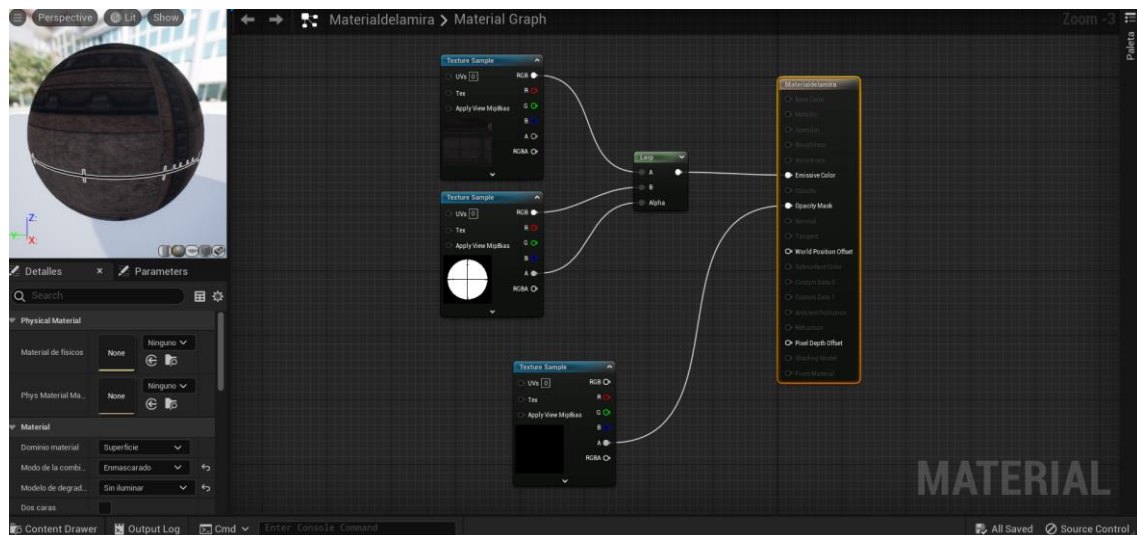


Figura 3-26 Blueprint del material de la mira

Posteriormente, se ha de implementar en el HK importado anteriormente tanto el render como el material creado. Primero de todo, se creará un componente de captura de escena 2D, se escalará para que no se vea desproporcionado y se colocará en la bocacha del HK G36. A este componente se le tendrá que añadir la textura *RenderHK* y permitirá al *Materialmira* mostrar la imagen en frente del arma, en este apartado también es posible ajustar el FOV (*Field of view*) de la mira para conseguir la imagen con tres aumentos. Finalmente, se creará un cilindro en la zona de componentes del arma y se escalará y trasladará a la zona donde se desea que esté la mira, a continuación, se añadirá el *Materialmira* a este cilindro para que muestre finalmente la mira de aumentos terminada.

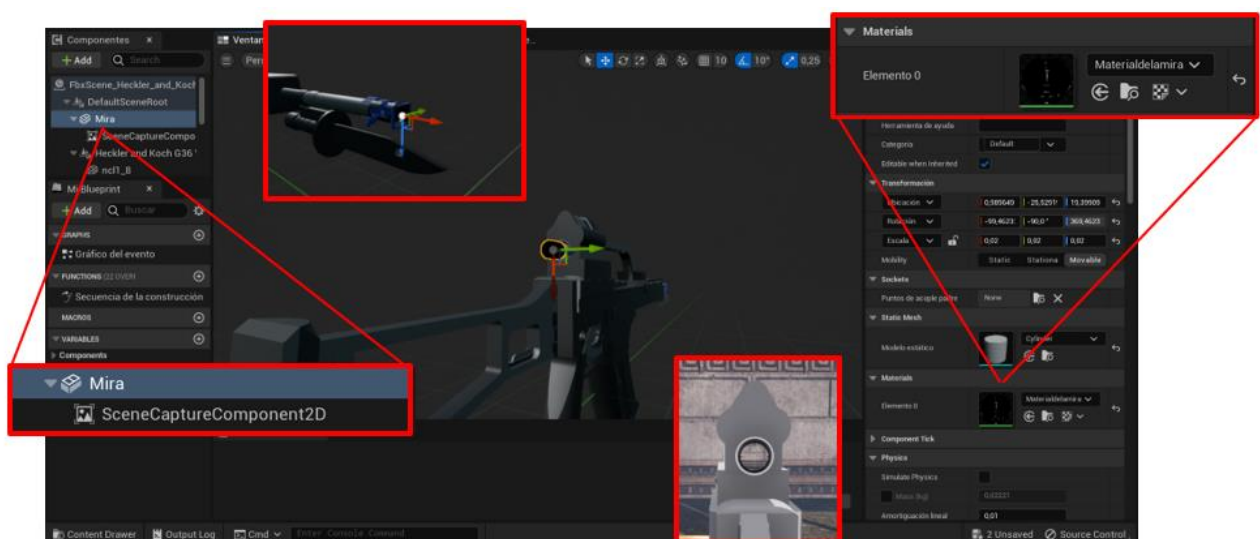


Figura 3-27 Diseño y resultado final de la mira de tres aumentos

3.3 Programación

Antes de comenzar la programación del escenario virtual de combate, se ha de comprender qué lenguaje de programación se ha utilizado, sus características y sus posibilidades. Fundamentalmente, se explicarán las partes de este lenguaje que más interesan para el presente proyecto.

3.3.1 Programación con Blueprints

3.3.1.1 Tipos de BP y partes principales

Los *Blueprints* son una forma de programación visual por nodos del motor *Unreal Engine*. Es la esencia del videojuego y lo que le dará vida a un escenario que actualmente solo son objetos colocados uno al lado del otro. El arma que se va a utilizar, la inteligencia artificial de los combatientes enemigos o el movimiento del usuario, son algunos ejemplos de los usos que se le darán a este lenguaje.

Antes de empezar, cabe destacar la posibilidad de crear un BP de nivel, este solo funciona dentro del nivel seleccionado y limitaría su utilización en gran medida. Consecuentemente, utilizaremos una *BP class* para crear nuestros esquemas. Pulsando el botón derecho en el cajón de contenido, es posible crear este BP y seleccionar que tipo de clase queremos. Estos son los tipos:

- *Actor*: Objeto que se puede introducir en el nivel.
- *Pawn*: Objeto que puede ser controlado.
- *Character*: Tipo de pawn que tiene capacidad de movimiento.
- *Player Controller*: Actor encargado del movimiento de un pawn.
- *Game mode base*: Define el juego jugado, sus reglas, puntuación y otras características.
- *Actor Component*: Componente reusable que puede ser añadido a cualquier actor.
- *Scene component*: Componente que tiene una transformación en la escena y puede ser acoplada a otros componentes.

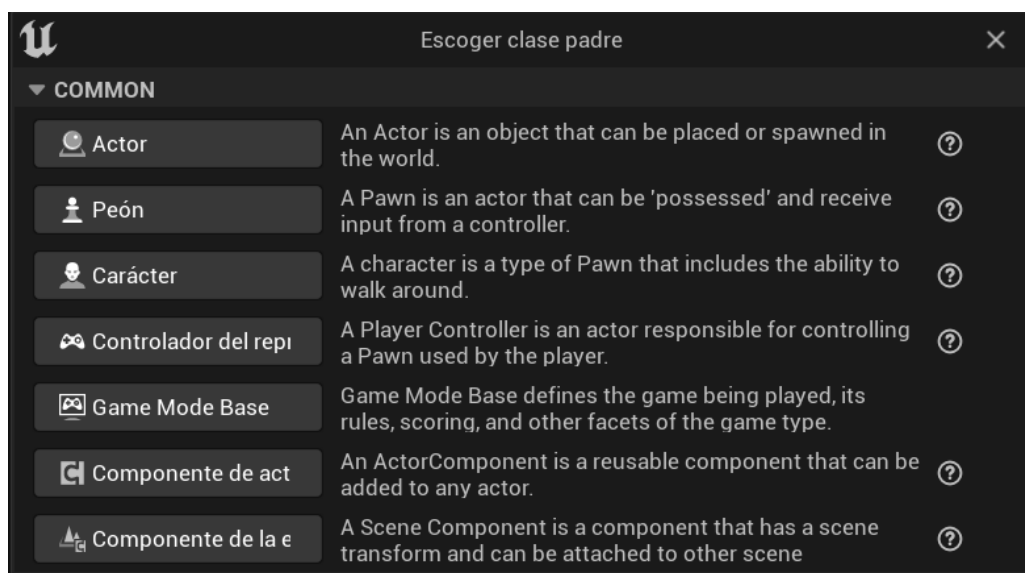


Figura 3-28 Clases de BP

Una vez creado el BP deseado el siguiente paso será programarlo. Existen tres ventanas principales que tienen distintas utilidades.

- Ventana gráfica: será utilizada para añadir, mover, escalar o girar componentes. Da una imagen física del actor en cuestión.
- *Construction script*: Ventana que sí que posee esquemas y es utilizada para inicializar o crear funciones que no están predefinidas en el software.

- Gráfico del evento: Parte principal del BP en el que estará el grueso de la programación. Enlaza las distintas funciones y variables para dar respuesta a los sucesos que vayan ocurriendo a lo largo de la simulación.

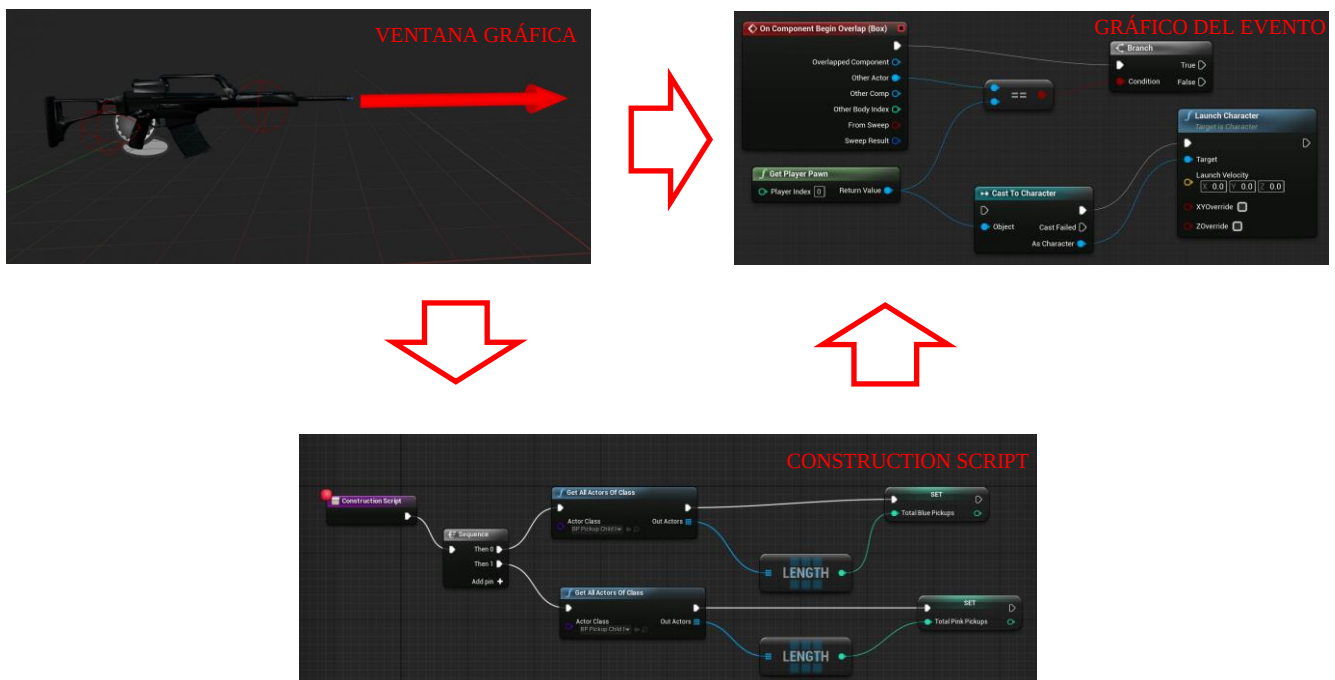


Figura 3-29 Ventanas de un BP

3.3.1.2 Plugins

Los *plugins* en *Unreal Engine* son un conjunto de código, recursos y datos que se pueden agregar a un proyecto de juego para extender o modificar la funcionalidad del motor de juego base. Estos códigos pueden contener cualquier cosa, desde código de programación personalizado hasta herramientas de editor personalizadas y sistemas de física avanzados.

Unreal Engine incluye una serie de *plugins* preinstalados que cubren una variedad de características y hay una gran cantidad de ellos creados *por* terceros disponibles en línea que pueden ser descargados e instalados en un proyecto de juego. La gestión de *plugins* en *Unreal Engine* se realiza a través del administrador de *plugins*, que permite a los desarrolladores ver y configurar aquellos instalados en el proyecto según las necesidades del desarrollo.

3.3.1.3 Tipos de nodos y variables

Si nos situamos en cualquier ventana, en el margen derecho de la pantalla podemos encontrar la pestaña de eventos se encuentra en detalles. Al pulsar cualquiera de estos eventos, se creará automáticamente ese evento en el gráfico del evento. Ejemplo de ello es el evento “*BeginPlay*” que será ejecutado una vez se inicie el juego y no se repetirá, o el evento “*Tick*” que ocurrirá cada vez que cargue un FPS de este. En la Figura 3-30 se puede observar como se muestra un evento en la ventana de detalles y a lo que equivale en el esquema de BP.

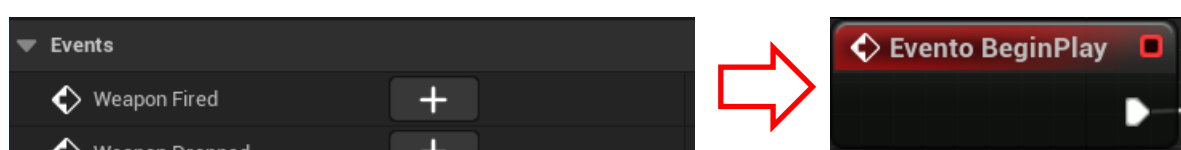


Figura 3-30 Inserción de eventos

Otra muy importante herramienta que es utilizada constantemente son las variables. Básicamente la pestaña de variables es un cajón donde se guardan todo tipo de actores, variables, constantes, funciones, vectores, objetos y demás. Con las variables se tienen dos posibilidades, “Get” para poder leer valores de la variable, o “Set” utilizado para asignarle valores a la variable.

Además de las variables, son de vital importancia los nodos función. Existen una infinidad de funciones que ya son proporcionadas por el software, si el usuario desea crear más, siempre existirá la opción del Construction Script. En la figura 3-31 se muestran dos ejemplos de nodo función. El primero hará que desaparezca cierto actor y el segundo parará el proceso un tiempo establecido antes de continuar con la secuencia.

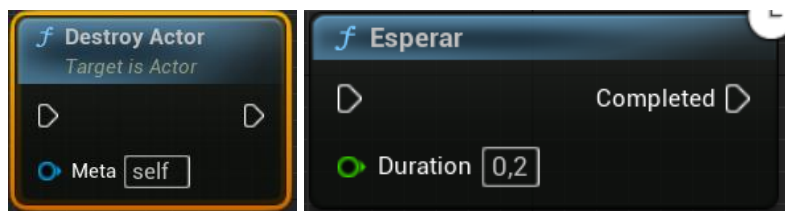


Figura 3-31 Ejemplos de nodos funciones

Continuando con otros nodos de vital importancia para el proyecto, existe el nodo de “proyectar a”. Se utiliza para referirse a otro *Blueprint* distinto al que nos situamos en ese instante. Esto nos permite compartir características y variables de un BP a otro e incluso cambiar valores. En la Figura 3-32 se puede observar el nodo mencionado refiriéndose al *Blueprint* del personaje del escenario.

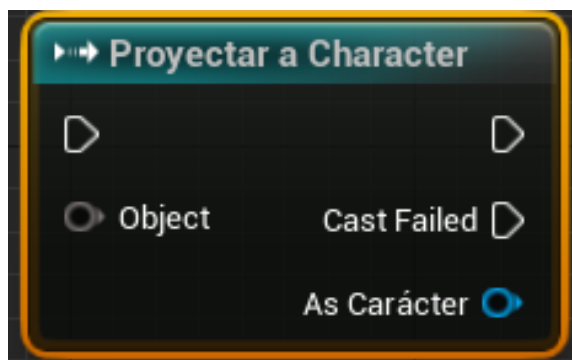


Figura 3-32 Nodo “proyectar a”

Finalmente, existen varios tipos de nodos de interés, los más comunes son los nodos de secuencia, bifurca, cambiar número entero o crear Widget. Este último es utilizado para representar en pantalla un widget diseñado. Hay que destacar, qué secuencia realiza una serie de actividades en orden y bifurcar determina qué camino seguir dependiendo de si algo es verdadero o falso.



Figura 3-33 Nodo "Crear Widget"

3.3.1.4 Animaciones

En *Unreal Engine*, las animaciones se refieren a la representación de movimientos y acciones de personajes y objetos en un juego. Las animaciones se utilizan para crear la ilusión de movimiento en un juego, lo que permite a los personajes y objetos en la escena interactuar de manera realista. Estas animaciones se crean utilizando herramientas especializadas llamadas *software* de animación 3D. Los artistas de animación pueden utilizar estos programas para crear una serie de poses clave que definen el movimiento de un personaje u objeto a lo largo del tiempo. Estas poses clave se pueden combinar y ajustar para crear una animación completa.

Una vez creadas las animaciones, se pueden integrar en un proyecto de juego de *Unreal Engine* utilizando el editor de animación del programa. El editor de animación permite a los desarrolladores de juegos importar y ajustar animaciones, crear animaciones desde cero y ajustar la velocidad y la duración de las animaciones. Las animaciones también se pueden vincular a personajes y objetos en el juego a través del sistema de esqueletos y la asignación de animaciones a las animaciones de los personajes.

3.3.1.5 Materiales en UE

En el software utilizado, un material es un conjunto de instrucciones y datos que se utilizan para determinar la apariencia visual de objetos y superficies en un juego. En otras palabras, un material es la forma en que se muestra una textura en una superficie y cómo reacciona a la luz y otras condiciones ambientales. Los materiales en *Unreal Engine* se crean utilizando un lenguaje de programación visual llamado *Material Editor*. En esta ventana, los desarrolladores pueden crear nodos que representan diferentes tipos de texturas y efectos visuales, y luego conectar estos nodos para crear un material personalizado.

Un material puede contener una variedad de componentes, como texturas, sombras, iluminación y efectos especiales, y cada componente se puede ajustar y personalizar para lograr el efecto visual deseado. Los materiales también se pueden animar, lo que significa que se pueden crear efectos visuales dinámicos que cambian con el tiempo o en respuesta a la interacción del jugador. Básicamente, los materiales son una parte crítica de la creación de gráficos de alta calidad en *Unreal Engine*. Los desarrolladores de juegos pueden utilizar materiales personalizados para crear una amplia variedad de efectos visuales, desde el realismo fotográfico hasta los estilos de arte abstracto, lo que permite una gran flexibilidad en la creación de la apariencia visual del juego.

3.3.2 Comportamiento del combatiente

En el presente apartado se explicarán todas las mecánicas relacionadas con el personaje manejado.

3.3.2.1 Movimiento

El primer paso en la programación del usuario como combatiente es darle la capacidad de moverse de un lugar a otro y girar la cámara. Cabe destacar que en el nivel creado por Unreal Engine llamado VRTemplate ya existe un *pawn* configurado con la capacidad de agarrar cosas y moverse, pero con el problema de no tener la propiedad de gravedad asociada. Es por ello por lo que el personaje será programado como un BP carácter en vez de *pawn*.

En el mundo de la realidad virtual existen gran variedad de métodos de movimiento que son comúnmente llamados *locomotions*. [47] El método más común es *artificial locomotion* y el que va a ser utilizado en el presente proyecto. El problema de este método es que causa una sensación llamada *motion sickness* provocada por el movimiento, la aceleración y desaceleración lineal y angular. En simples términos, la diferencia entre lo que vemos y lo que realmente tenemos delante. El sistema de movimiento que UE utiliza por defecto es el del teletransporte. Este método se basa en que el jugador se moverá a una localización que está señalando mediante la pulsación de un botón. Tiene la gran ventaja de que elimina gran parte de *motion sickness*, aun así, es un método que no resultaría práctico para el escenario.

Para ejecutar los distintos eventos que se encuentran en la simulación y proyectar los movimientos de los brazos se han utilizado los controladores de movimiento *VIVE HTC Pro*. Los *Vive Controllers* son controladores de movimiento diseñados para su uso con los sistemas de realidad virtual de HTC, con un diseño ergonómico que los hace cómodos de sostener durante largos períodos de tiempo. Cuentan con un sistema de seguimiento de movimiento que utiliza tecnología de luz y movimiento para detectar la posición y orientación del controlador en tiempo real, lo que permite un control de movimiento muy preciso en el mundo virtual. Además, tienen varios botones y gatillos, vibración háptica, baterías recargables integradas y proporcionan una experiencia de control de movimiento altamente precisa y cómoda para el usuario, lo que los convierte en un accesorio esencial para los sistemas de realidad virtual de HTC.



Figura 3-34 VIVE controllers [48]

En primer lugar, se creará un nuevo BP de tipo character al que llamaremos VRCharacter. Dentro de este BP introduciremos una cámara y dos controladores de movimiento *MotionControllerLeft* y *MotionControllerRight*, por ahora en la parte de visualización de estos controladores se seleccionará el mando de VIVE correspondiente de la Figura 3-34. A continuación, se seleccionará el para cada controlador la mano correspondiente en la que se va a situar en el apartado de “*Motion source*”.

El siguiente paso será acceder a ajustes del proyecto, entradas, *bindings* y *axis mappings*. En este apartado es posible asociar un dispositivo de entrada a una variable. Para mover al personaje con el mando izquierdo, se crearán dos mappings que se pueden observar en la Figura 3-35 y les asociaremos el movimiento en el eje X e Y para su posterior programación.

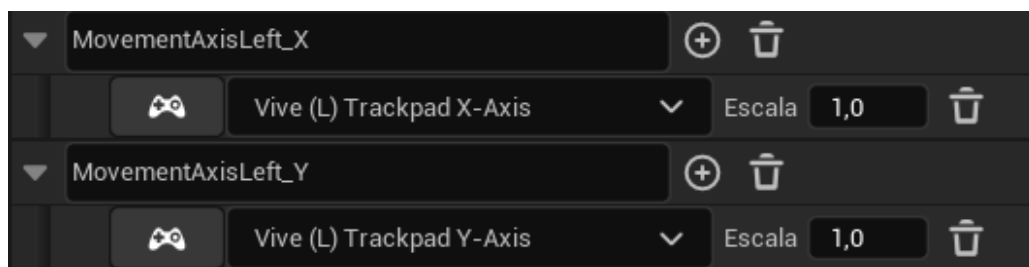


Figura 3-35 Axis Mappings de movimiento

Dentro de VRCharacter serán creados dos eventos correspondientes a los dos *mappings* creados anteriormente, añadiremos un nodo función de añadir entrada de movimiento y los conectaremos. Posteriormente, añadiremos un vector derecho que conectado a la variable *MotionControllerLeft*, estableceremos como dirección dentro del escenario. Realizaremos el mismo proceso con el componente Y, cambiando el vector derecho por un vector de frente. Lo que hemos realizado con este código, que se

puede observar en la Figura 3-36 es asociar el movimiento frontal y lateral al *trackpad* del mando izquierdo.

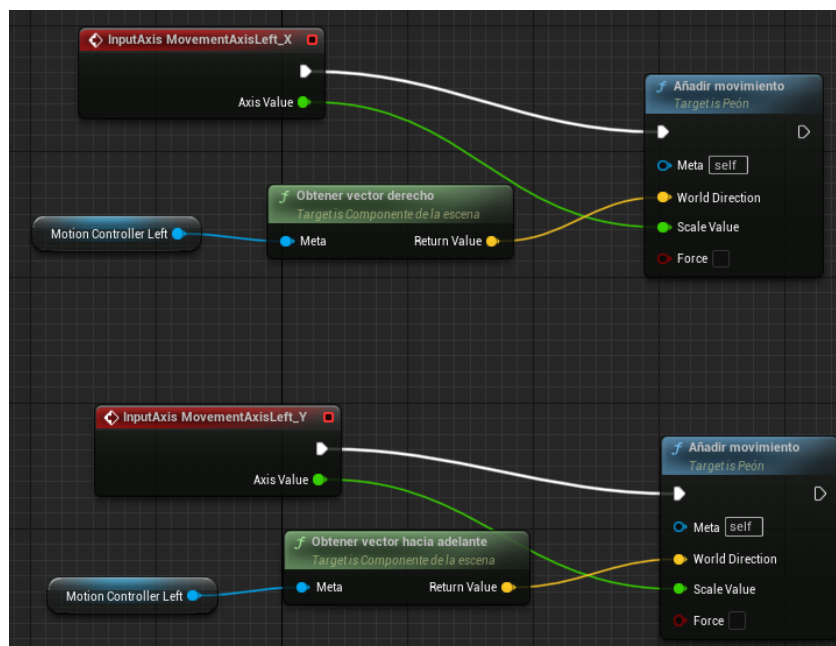


Figura 3-36 Movimientos con mandos

3.3.2.2 Manos animadas con inverse kinematics

La cinemática inversa (IK) es el proceso matemático a partir del que se calculan las distintas variables y poder así animar el esqueleto de un robot, o en el caso de este proyecto, el combatiente en realidad virtual. [49] Además, es el puente que conecta físicamente el personaje utilizado con el entorno en el que se encuentra. El objetivo es conseguir que el combatiente tenga unas manos que se mueven al mover los controladores de movimiento y que la mano derecha tenga la animación de accionar el disparador.

En primer lugar, se migrará las manos que hay en el mundo de realidad virtual de la anterior versión *Unreal Engine* 4.27, ya que en la versión 5.1 ya no existe este *asset*. Dentro de la carpeta “MisCosas” será guardado tanto el esqueleto como su correspondiente malla. El primer paso que seguir será crear una lista de enumeradores a la que se nombrará “PullTrigger” y contendrá dos enumeradores; “ApretarDisparador” y “SoltarDisparador”. Posteriormente dentro de las manos importadas se deberá acceder a la malla esqueleto y en la pestaña de la parte superior seleccionar *Create Asset/Animation/CurrentPose*. El objetivo será crear el movimiento del dedo índice para que presione el disparador y que el resto de los dedos queden cerrados para el agarre del pistolete del fusil. Estas dos animaciones deben de ser recopiladas en un BP llamado *Blend Space*. Uy posteriormente inicializadas en el gráfico de la animación “HandsAnimation”. Por último, será necesario acceder a el gráfico del evento y en el evento de comienzo de juego se ha de inicializar la animación proyectando una instancia de animación de esta.

Para la realización de las animaciones del escenario, ha sido de vital importancia la utilización del BP *Blend Space* y por ello es crucial la comprensión de este para el desarrollo de estas animaciones. Un *Blend Space* en *Unreal Engine* es una herramienta que permite la transición fluida entre diferentes animaciones basadas en la posición o velocidad de un personaje. Básicamente, un *Blend Space* combina múltiples animaciones en un solo archivo, permitiendo la transición entre ellas según el valor de una o varias variables de entrada. Estas variables pueden ser la posición del personaje, la velocidad, la dirección de movimiento, etc.

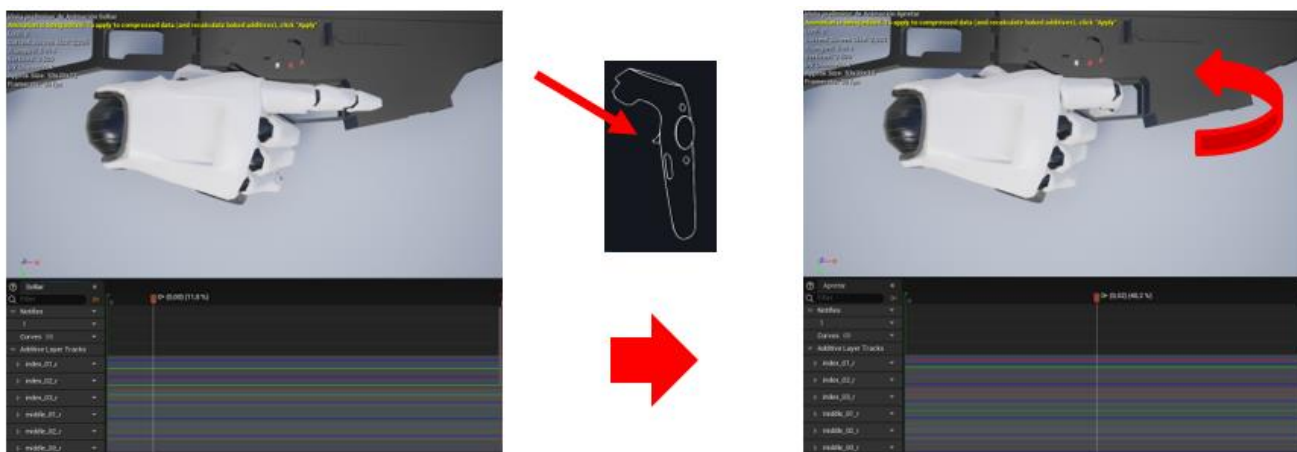


Figura 3-37 Animación de accionar el disparador

Una vez creada la animación de las manos, se ha de adjuntar a el personaje que controlaremos en el entorno virtual. Es necesario añadir dos objetos tipo malla de esqueleto a “VRCharacter” y adjuntar a cada uno de ellos la malla de las manos importadas. Para que las manos tengan la orientación correcta simplemente se ha de cambiar el valor de la escala en el eje Y a -1 y rotarla 90 grados en el eje X para la mano izquierda, y realizar la rotación de -90 grados en el eje X en la mano derecha. Es importante destacar que estas mallas esqueleto deben de depender de los componentes controladores de movimiento.

3.3.2.3 Colisiones con el ambiente

Cuando nuestro combatiente se vaya moviendo por el escenario, es de obvia necesidad que este no atravesase paredes, obstáculos, suelos y demás. Es por ello por lo que el VRCharacter ha sido programado para que se produzca una colisión cuando se encuentre a cierta distancia de un objeto.

El primer paso que debemos realizar es darle el valor falso a la característica de la cámara de nuestro personaje que dice “Lock to HMD” con esto lo que hacemos es que la imagen no siga automáticamente lo que ve el casco, ya que eso lo vamos a programar a posteriori. A continuación, crearemos un origen para nuestras manos, de tal forma que en todo momento nuestras manos estarán a la distancia correcta de nuestro cuerpo, además, anclaremos los dos controladores de movimiento a este origen.

El siguiente paso será crear una función, esta se llamará “CameraTransform” y es la que utilizaremos para designar los valores de la localización de la rotación. Crearemos un nodo “obtener orientación y posición”, este es utilizado para obtener dónde están las gafas de realidad virtual dentro del espacio de simulación. En la Figura 3-38 se representa el resultado final.

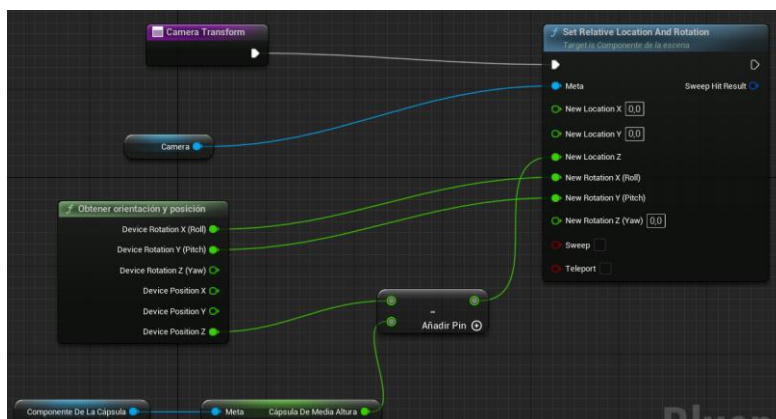


Figura 3-38 Función CameraTransform



Figura 3-40 Función HandOffset

48

y tendrá la cápsula de posición configurada correctamente. Cabe destacar, que a cada objeto que no deseemos que nuestro personaje atravesara, se ha de seleccionar *Collision/Auto Convex Collision* y aplicarlo a el objeto. Con esta opción el programa creará una malla alrededor del objeto automáticamente y será ya un objeto con colisión.

3.3.2.4 Agarre del arma con la mano

Al comienzo del juego, el personaje en cuestión debe ser capaz de coger el fusil HK G36 con la mano derecha para poder así apuntar y moverla libremente. El botón que va a ser utilizado para que aparezca el arma en el sitio indicado es el *Motion Controller Grip* que es el botón situado en la parte inferior del mando y coincide con la posición del dedo corazón y anular.

A continuación, se ha de modificar la malla esqueleto de la mano del VRCharacter. Se ha de seleccionar el hueso de la mano y añadir un *socket*. En *Unreal Engine*, un *socket* es un punto específico en un objeto 3D donde se puede adjuntar otro objeto. En otras palabras, un socket es un marcador o punto de anclaje en un objeto que se utiliza para fijar otro objeto en una posición determinada y con una orientación específica. El objeto que anclaremos a este punto de agarre será la malla esqueleto del fusil importado al nivel. Se trasladará y rotará para que esté colocado en la parte deseada de la mano y se guardará.

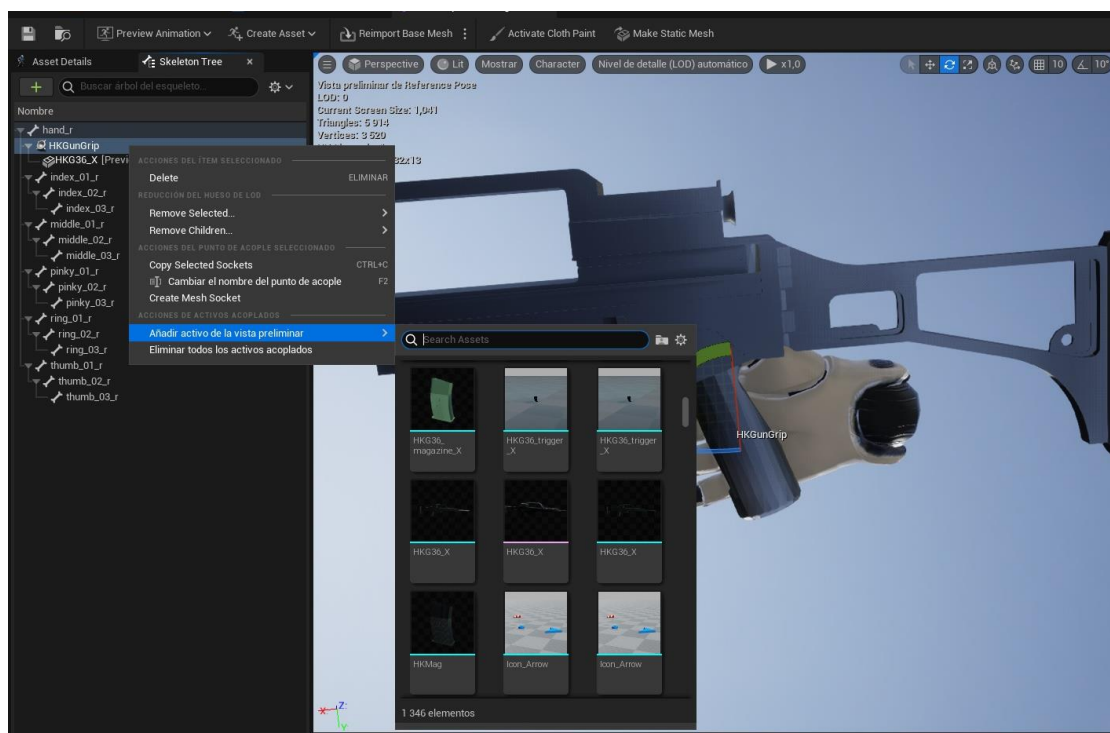


Figura 3-41 Añadir malla estática a punto de agarre

Posteriormente, en el evento de agarrar con la mano derecha, que está situado en el gráfico de eventos del personaje, se ha de colocar un nodo *Spawn Actor* y seleccionar el actor del fusil HK G36. Después, se colocará el nodo *attach actor to component* y se seleccionará qué se quiere juntar el fusil y la malla esqueleto de la mano derecha. Debido a que anteriormente ya se determinó como deben estar colocados uno respecto al otro, la posición de estos será la correcta a la hora de pulsar el botón correspondiente.

Utilizando la herramienta de los *sockets* también se han completado el resto de los componentes del fusil. Se han añadido un total de tres más y se han colocado las mallas estáticas del cargador, el disparador y el cerrojo. Una vez se han trasladado y rotado a la posición correcta el resultado final se puede observar en la Figura 3-42.



Figura 3-42 HK G36 utilizado

3.3.2.5 Eventos de disparo y de recarga

Una vez el fusil está agarrado correctamente, será programado el evento de disparo y de recarga del HK G36. Este evento es de vital importancia debido a que es una de las acciones principales de la simulación y le da sentido a la misma. Además, gracias a este, el usuario será capaz de neutralizar a los distintos enemigos que se encuentran en el escenario.

En primer lugar, se ha de crear el proyectil que va a disparar el arma. Para ello se ha de crear un BP actor al que se llamará “*BulletProjectile*”. Como se realizó con actores anteriores, a esta bala se le adjuntará una esfera de colisión y un componente de malla estática con forma de esfera. Se adaptará la escala para que aparente el tamaño de una bala, se le dará un color oscuro y se guardará en la carpeta “MisCosas”.

Para la realización del siguiente paso, será necesario acceder al actor “*Gun*” y crear una función dentro de este. Esta función será la encargada de generar el proyectil “*BulletProjectile*” en la bocacha del fusil. Además, también reproduce el sonido de un disparo, “*GunShotSound*”, que se ha obtenido del *VR Weapons Kit* de la tienda de *Epic Games*. En la Figura 3-43 se muestra la programación de la función “*BulletFire*”. Se ha configurado la escala del proyectil para que tenga el tamaño de una bala del calibre 5,56mm.

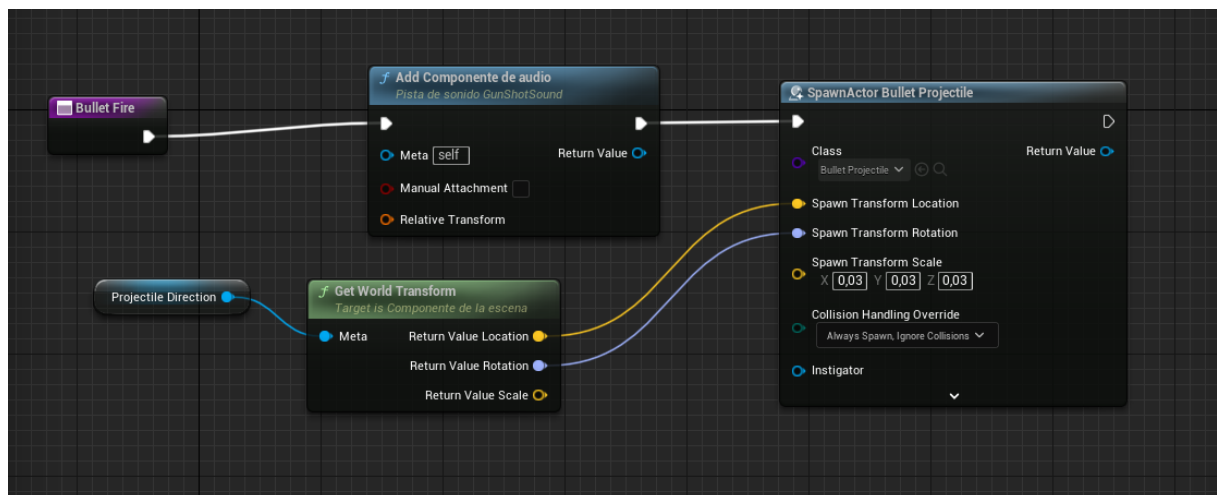


Figura 3-43 Función de generación del proyectil

Una vez creada la función de disparar es necesario llamarla desde el personaje del usuario. Para ello, se accederá al actor “*VRCharacter*” y se colocará el evento de entrada *Fire*, a partir de este evento proyectaremos a el arma y llamaremos a la función *Bullet Fire* de esta. Para darle realismo al escenario creado, se ha limitado el espacio del cargador a treinta cartuchos y se ha implementado en este código una serie de nodos para que el arma deje de llamar a la función de disparo cuando se quede sin munición. Además, se ha implementado el sonido de accionar el disparador de un fusil sin que tenga ningún cartucho en la recámara. También se han establecido los momentos en los que tiene que cambiar de

animación la mano derecha, de tal forma que cuando el disparador es accionado la lista de enumeración selecciona “Apretado Disparador” y cuando se suelta el disparador cambia a “Suelta Disparador”.

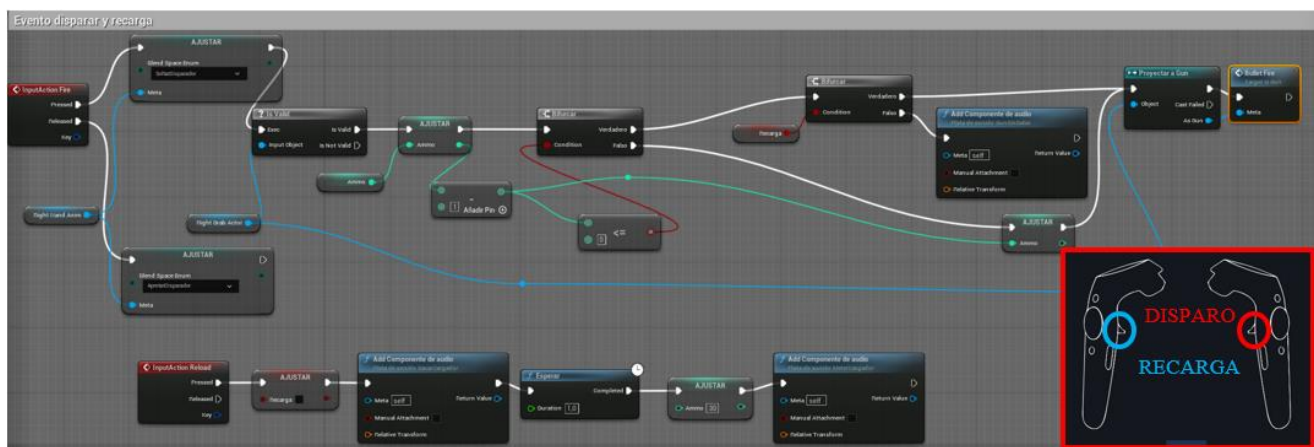


Figura 3-44 Disparo y recarga del fusil

Cuando el usuario se quede sin los treinta cartuchos que dispone en el cargador, será necesario que vuelva a recargar. Utilizando un nuevo evento de entrada, para la recarga, se ha establecido un tiempo de un segundo desde que se pulsa el gatillo del controlador de movimiento izquierdo hasta que disponemos de otros treinta cartuchos para continuar con la misión.

3.3.2.6 Salud del usuario

Una de las condiciones a partir de la que la misión puede fracasar, es la pérdida de los cien puntos de salud que se le han sido otorgados al combatiente. Antes de conseguir esta reducción de salud, es necesario comprender que es un BP interfaz ya que es una herramienta de gran utilidad dentro del software utilizado.

Un Blueprint Interfaz (*Blueprint Interface*) es una herramienta en *Unreal Engine* que permite definir un conjunto de funciones que un actor puede implementar de manera consistente. Un *Blueprint* Interfaz proporciona un conjunto de funciones que se pueden implementar en cualquier *Blueprint* que utilice esta interfaz. Una vez que se crea una interfaz, se pueden implementar varias funciones en ella. Cada BP que implementa esa interfaz debe proporcionar una implementación para cada una de las funciones. En nuestro caso, será creada una interfaz llamada “*Enemy Hit Me*” que contendrá el evento *Hit me* y tendrá visible la variable daño (*damage*).

Una vez implementada la interfaz dentro de “*VRCharacter*”, se colocará el nodo de evento en el gráfico de eventos. Se ha tenido que inicializar a cien una variable de salud de tipo entero y se le restará la variable daño de la interfaz que adquirirá su valor en otro actor. También se establecerá una condición a partir de la cual comprueba si el valor de la salud es menor que cero y por lo tanto la misión ha sido fallida. También se han establecido ciertos nodos que serán utilizados para mostrar cierta información en pantalla y serán explicados posteriormente.

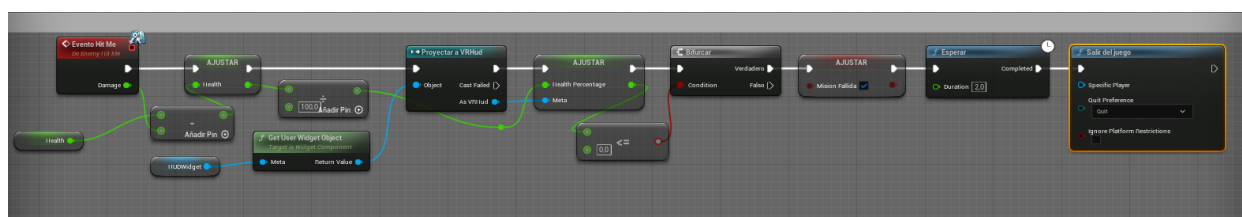


Figura 3-45 Blueprint de la salud del combatiente

Finalmente, será necesario crear el proyectil que disparará el enemigo contra el combatiente y el daño que sufrirá debido al impacto. Se establecerá el evento golpe y se implementará la interfaz *Enemy Hit Me* como condición de una bifurcación.

Posteriormente se llamará a la función *Hit me* procedente de la interfaz y se destruirá el proyectil después de la colisión. En este apartado es donde se establecerá el valor de la variable daño que puede ser modificada por el instructor para dificultar el escenario al combatiente.

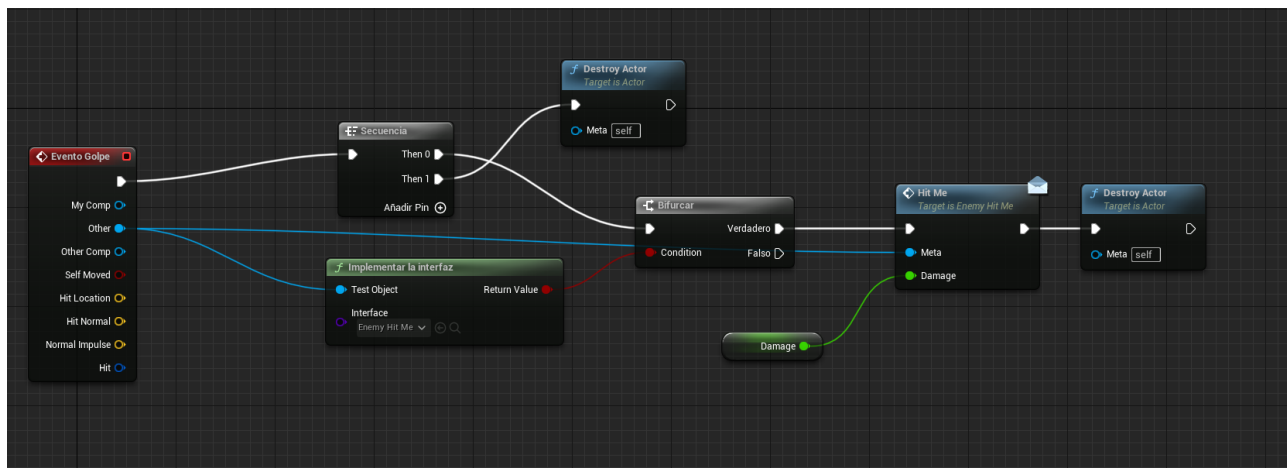


Figura 3-46 Gráfico de eventos del proyectil enemigo

3.3.3 Comportamiento de los enemigos

Una vez creado el personaje que va a ser manejado durante el transcurso de la misión, es hora de programar los BP de los diferentes enemigos que van a encontrarse durante la simulación. Estos enemigos tendrán un patrón de comportamientos y reaccionan de cierta manera al observarnos.

Antes de comenzar, es vital hablar de un kit de la tienda de *Epic Games* llamado *NatoCombatantCharacter*. Este paquete, previamente importado al cajón de contenido del proyecto creado, posee distintos uniformes y equipamiento táctico militar que pueden ser utilizados para los distintos personajes del escenario. Además, también tiene varias animaciones que serán de gran utilidad debido a la naturaleza de estas.

3.3.3.1 Enemigos estáticos

El ejercicio va a contar con un total de cuatro enemigos, uno de ellos tendrá asociado un árbol de comportamientos y será explicado en apartados posteriores. En cambio, los enemigos 2, 3 y 4 se encontrarán atrincherados en distintos puntos del mapa y permitirán la aplicación de distintos puntos del procedimiento *MOUT*.

Los enemigos creados serán un nuevo BP de personaje en el escenario que guardaremos en la carpeta *MisCosas/IA/Blueprints*. El primer paso, será adjuntar una malla esqueleto al enemigo y seleccionar la correspondiente al combatiente de la OTAN. Una vez seleccionado deberemos adjuntar las animaciones correspondientes en un *Blend Space* y que el personaje seleccionado tenga la capacidad de andar, correr y apuntar en caso necesario.

Todas las animaciones, *blendSpace*, o movimientos estarán contenidas en la carpeta *Content/MisCosas/IA/Animaciones* dentro del cajón de contenido. Asimismo, en la carpeta del combatiente de la OTAM se encuentran diferentes animaciones (Saltar, apuntar lateralmente, cuerpo a tierra, agacharse) de gran utilidad que no han sido utilizadas en el presente proyecto.



Figura 3-47 Enemigo colocado en el escenario

Una vez adjuntada la animación se adjuntará el arma que va a utilizar el enemigo en cuestión. Un *static mesh* será creado dentro de *Enemigo2* y del paquete de *VRWeapons* se seleccionará el subfusil MP5. Como con el combatiente que maneja el usuario, se ha creado un socket en la malla esqueleto llamado “*Gun Grip*” y se ha asociado a la malla estática del subfusil mencionado. Posteriormente, en el evento “*Begin Play*” en el gráfico de eventos del enemigo, se utilizará nuevamente el nodo “*Spawn actor*” y se seleccionará el actor del arma enemiga. Una vez ha aparecido el actor en el punto que se desea, se ha de unir ese actor a un componente. El componente en cuestión será la malla de esqueleto del cuerpo del enemigo. En esta malla ha habido que crear previamente un socket y ajustarlo para que el subfusil quede en la posición correcta. En la parte inferior izquierda de la Figura 3-48, se encuentra el nodo que posiciona el arma en el socket “*Grip Point*”, como se ha seleccionado.

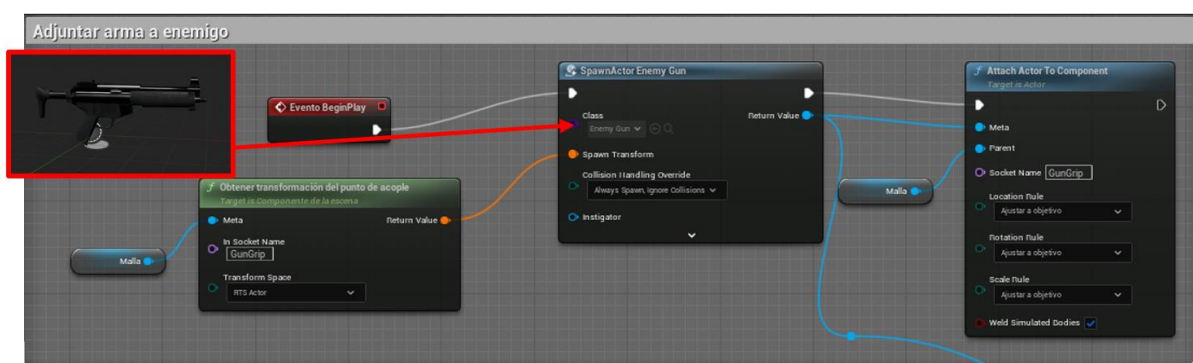


Figura 3-48 Adjuntar el arma al enemigo

3.3.3.2 Enemigo en patrulla

En primer lugar, será necesario crear el personaje enemigo y darle indicaciones para que patrulle una zona especificada. Crearemos un *character* llamado “*Enemigo1*” y lo guardaremos en una carpeta llamada *AI*. A este personaje le asignaremos un esqueleto que sacaremos del *Adventure Character kit* y lo guardaremos. Dos variables serán necesarias en este personaje creado, “*Current Point*”, número entero utilizado para saber donde se encuentra en ese momento, y “*Patrol Point*”, array utilizado para saber a qué puntos se tiene que mover el enemigo.

A continuación, crearemos una lista de enumeración que podremos utilizar para distintos comportamientos que implementaremos en el futuro. Añadiremos un enumerador llamado *Patrolling*.

En *Unreal Engine* existe un *asset* llamado árbol de comportamiento. Estos son utilizados para darle órdenes a la inteligencia artificial y ordenar sus funciones. En la carpeta de *AI* crearemos el árbol de este personaje, que llamaremos “Enemy1BehaviorTree”. Dentro de nuestro nuevo archivo será necesario crear una nueva *blackboard* a la que llamaremos “Patrol Black Board” y que contendrá *keys*. Estas llaves son como las variables en los BP que ya conocemos y ayudarán a el árbol a conocer el comportamiento que deseamos. Una de estas llaves será *Status* y le asignaremos el enumerador que creamos anteriormente. La otra llave será un vector y le asignaremos el nombre “Target Location”.

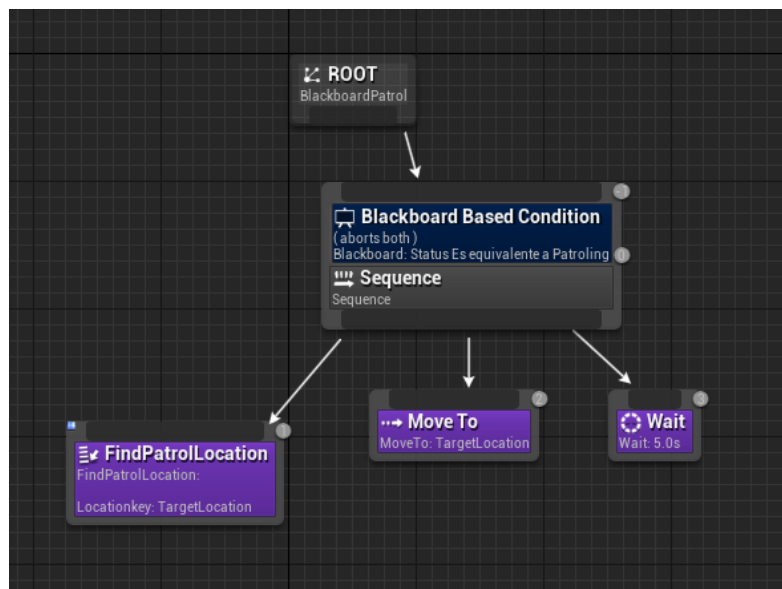


Figura 3-49 Árbol de comportamiento Enemy1

En la ventana principal del árbol de comportamiento crearemos una secuencia a la que añadiremos la *blackboard* que acabamos de configurar. En los detalles de este nodo, debemos configurarlo para que ponga que la llave *Status* sea equivalente a *Patrolling*. Esta secuencia funciona de tal forma que lee los acontecimientos que tiene acoplados de izquierda a derecha y los va ejecutando uno a uno. En la barra de opciones del árbol se encuentra la opción de crear una nueva tarea. Estas tareas son acciones que puede realizar el enemigo y, pueden ser ya creadas o realizadas por el usuario. En este caso se creará la tarea “Find Patrol Location” que es posible observar en la Figura 3-50. Añadiremos tres nodos a la secuencia del árbol de comportamiento, “Find Patrol Location”, “Move To”, y “Wait” completando el árbol por completo.

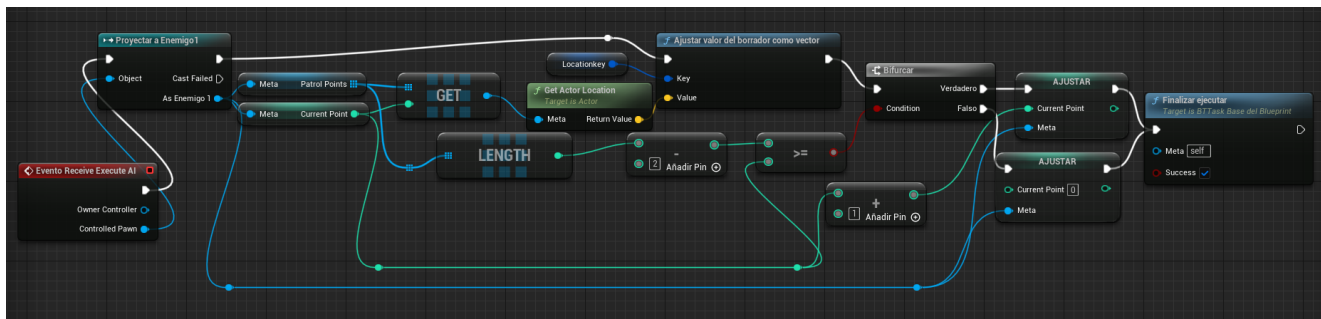


Figura 3-50 BP tarea de patrullar

Por último es necesario crear un BP de tipo *AI Controller*. En este añadiremos dos nodos al evento *BeginPlay*. El primero será *Run Behavior Tree*, al que asignaremos el árbol realizado anteriormente, y la función *blackboard* a la que asignaremos la *PatrolBlackBoard* asociada al árbol. Por último es necesario que en los detalles del personaje “Enemy1” en la pestaña de “*AI Controller Class*” sea

seleccionado el controlador de inteligencia artificial que se acaba de crear y compilar. Con estos últimos *blueprints* el enemigo del escenario ya es capaz de patrullar.

Antes de adjuntar el enemigo al nivel, es necesario crear un volumen en el que el enemigo va a ser capaz de moverse. Este asset se llama NavMeshBoundsVolume y delimita al personaje por que zona puede moverse. A mayores también es necesario introducir los puntos por los que el enemigo va a patrullar, en la Figura 3-51 es posible visualizar la colocación de estos.



Figura 3-51 Puntos de Patrulla

Una vez ya se han establecido los puntos de patrulla del enemigo, será añadida la opción de que detecte al personaje y se mueva hacia él. Para ello se creará una nueva condición en la *blackboard* llamada DetectedActor. En el árbol de comportamiento se añadirá una rama a la izquierda de la condición de patrulla que contendrá la condición de la *blackboard* para que el carácter enemigo se mueva hacia el actor detectado.

Posteriormente, se hará que en caso de que el enemigo deje de detectarnos por visual, se quede observando en nuestra última localización disponible durante un tiempo de cuatro segundos. En caso de no encontrar al personaje volverá a los puntos de patrulla. Para ello se ha tenido que crear otra condición más en el árbol que se colocará entre las de detectar al actor y la condición de patrullar. A raíz de esta condición, se colocarán tres nodos de izquierda a derecha, área de búsqueda, mover a el área de búsqueda y esperar cuatro segundos respectivamente.

Para ello se ha creado una nueva tarea que recoge todas estas funciones. Y se ha implementado al árbol. En la Figura 3-52 es posible visualizar su contenido.

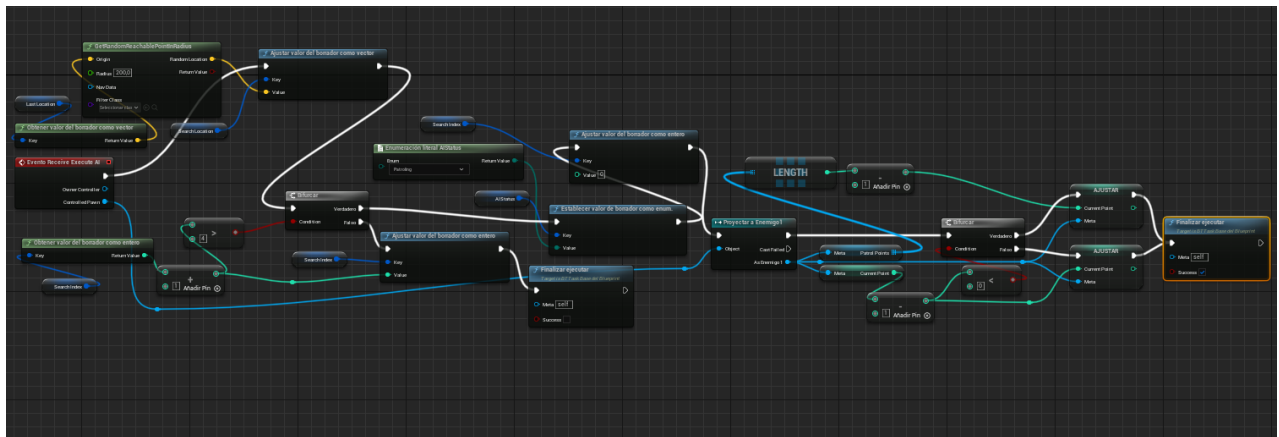


Figura 3-52 Tarea de búsqueda en un área

Una vez colocada la tarea, se ha de programar el controlador de movimiento de la inteligencia artificial del enemigo de tal forma que lo mueva de manera correcta.

Antes de continuar es vital entender que es este tipo de controlador. Un controlador de la inteligencia artificial, o *AI Controller*, es un componente que se encarga de controlar el comportamiento de los personajes no jugadores dentro del juego. Este componente maneja la lógica de la inteligencia artificial, permitiendo que el personaje tome decisiones y realice acciones dentro de la simulación. El Controlador de IA se comunica con otros componentes del juego para recopilar información sobre el mundo del juego y tomar decisiones basadas en ella. También puede ser programado para utilizar técnicas de aprendizaje automático y algoritmos de inteligencia artificial para mejorar la capacidad enemiga de adaptarse a diferentes situaciones y tomar decisiones más complejas.

En la Figura 3-53 se encuentran los distintos nodos utilizados para que el enemigo detecte a el personaje. Cabe destacar que solo enfrentará a los enemigos con la etiqueta indicada, descartando la posibilidad de que se disparen dos enemigos entre ellos.

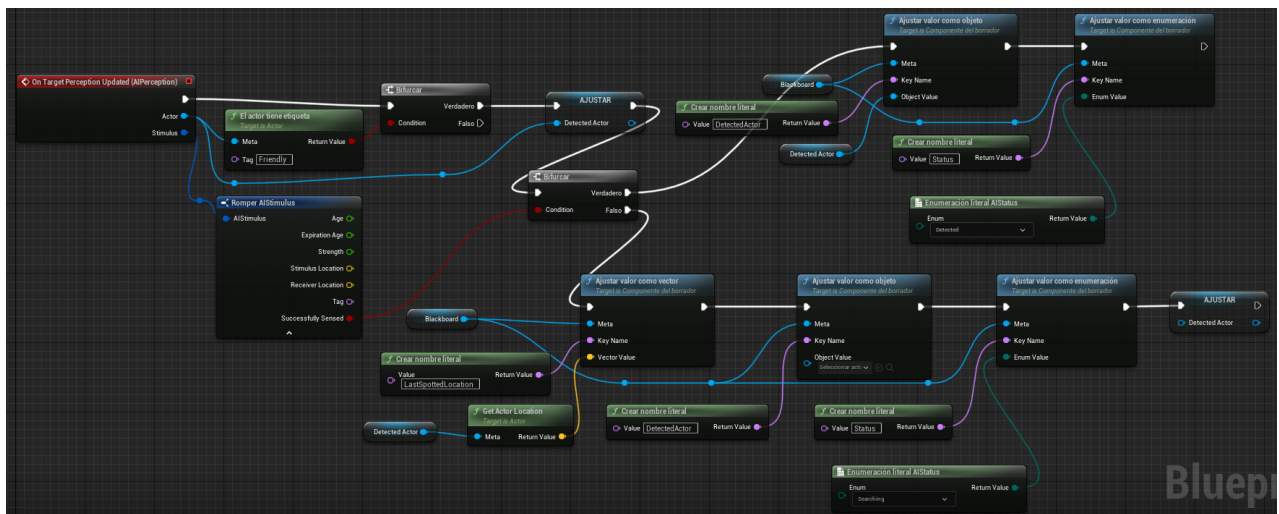


Figura 3-53 Detección del jugador por parte de la IA

Finalmente, el enemigo que patrulla la zona queda programado, posteriormente se le añadirá la capacidad de disparar y reducir la salud del combatiente. En resumen, en el árbol de comportamiento finalizado se encuentran tres condiciones que va a seguir la inteligencia en orden de preferencia. Primero, intentará detectar al personaje, y moverse hacia él. A continuación, en caso de no haberlo encontrado buscará en la última posición que vio el personaje. Por último, si no detecta nada nuevamente, volverá a los puntos de patrulla que se ajustaron anteriormente.

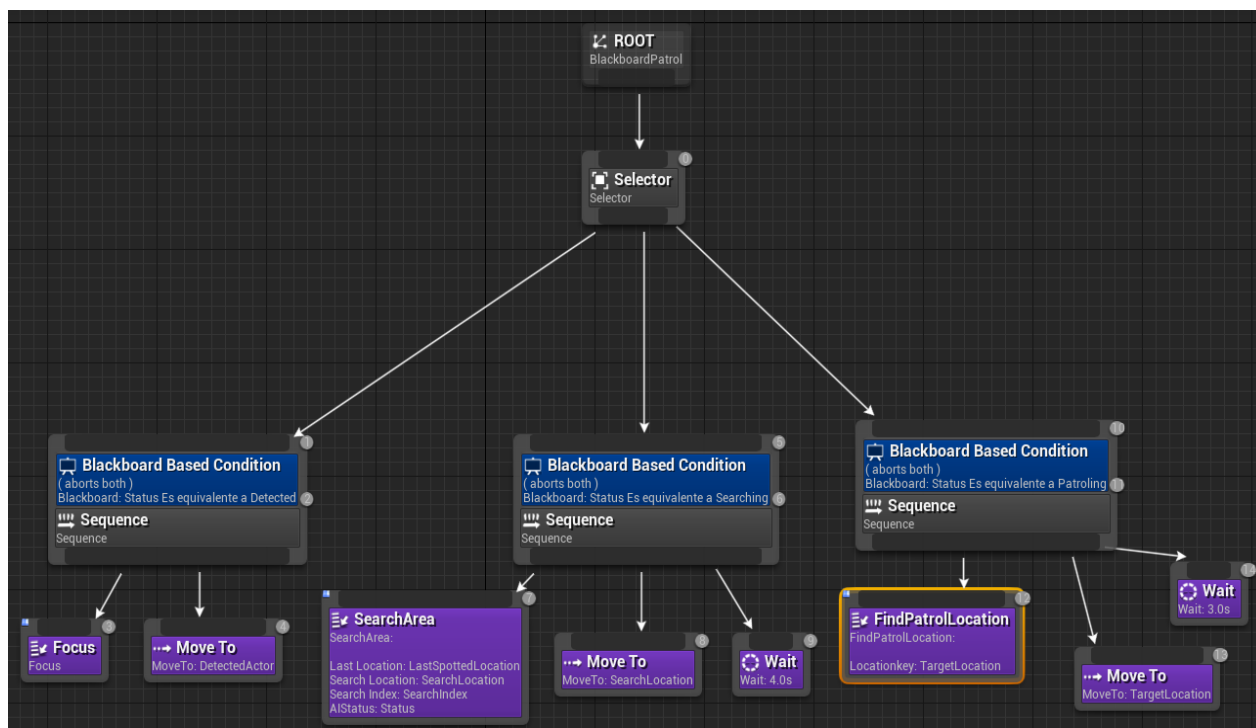


Figura 3-54 Árbol de comportamiento final

3.3.3.3 Salud del enemigo

Un requisito para que la misión sea un éxito, es la posibilidad de neutralización de los adversarios. Para ello, después de recibir ciertos disparos el actor del enemigo ha de desaparecer y dejar de ser un peligro para la salud del usuario. El instructor podrá elegir el número de disparos necesarios para acabar con el enemigo dependiendo del grado de adiestramiento que se quiera adquirir durante el ejercicio.

En primer lugar, se ha de crear una interfaz en la que se crea el evento “*Enemy Hit*” con la variable daño visible en el evento. (De esta manera se podrá ajustar la variable daño en cualquier actor)

A continuación, se ha de acceder al actor creado anteriormente, “*Bullet Projectile*”, y colocar el evento golpe en su gráfico de eventos. A raíz de este evento se creará una secuencia de acontecimientos:

- Primero, se implementará la interfaz y se llamará al evento *Hit Enemy*.
- Posteriormente, se imprimirá en el objeto golpeado una caricatura de un agujero de bala.
- Finalmente se destruirá el actor.

Para que la caricatura se haya podido implementar en el escenario, ha sido necesario crear una textura a partir de una imagen de un agujero de bala. Con las opciones de “*Deferred decal*” y “*translúcido*” (Opciones situadas en la ventana de detalles en la parte inferior izquierda de la pantalla) se ajustará esta textura a “color base” del nuevo material “agujero de bala” que ha sido creado.

Este material será el que se añadirá a el nodo “generar textura decorativa adjunta”. A mayores, se ajustará la escala en la opción para que sea del tamaño apropiado para una bala.

Al igual que con el proyectil que disparan los enemigos, será en esta ventana en la que se ajuste el valor de la variable daño (Lista de variables del BP), entre cero y cien, para determinar el número de impactos del proyectil que son necesarios para la neutralización del enemigo.

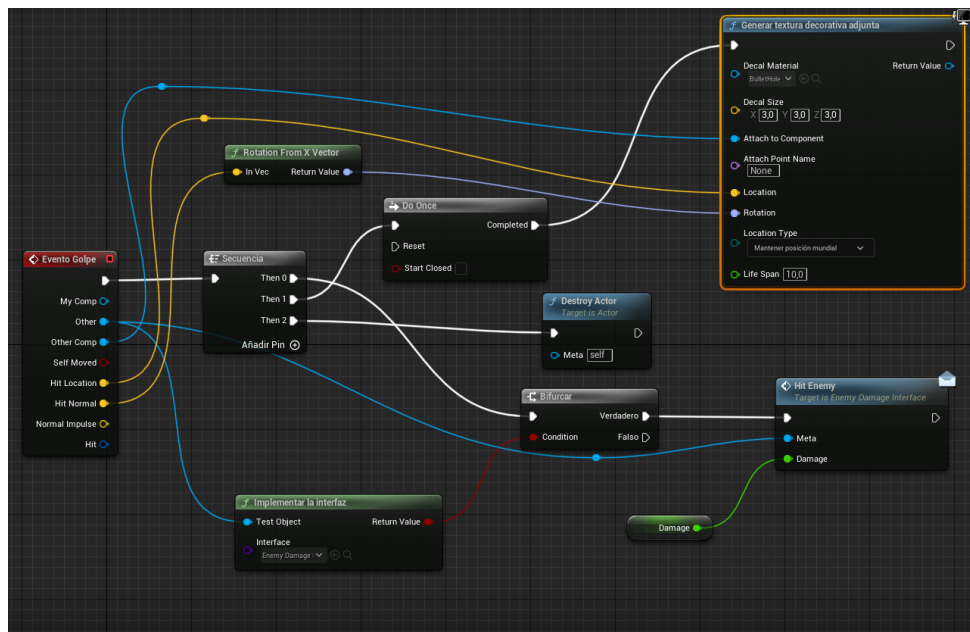


Figura 3-55 Evento "Golpe" al enemigo

Una vez ajustado el proyectil que va a golpear al enemigo, es necesario programar el evento “HitEnemy”. Se le adjuntará la interfaz a el actor del enemigo y se colocará el nodo de evento en el gráfico de eventos. A partir de ahí se le restará el valor de daño a la salud total del enemigo y en caso de que sea menor o igual que cero se destruirá tanto el actor “Enemigo” como el actor del arma que porta este. Además, se ha añadido un componente de audio que simula el sonido del impacto de una bala con un ser humano. Este sonido se ha obtenido del paquete de *VRWeapons* de la *Epic Games Store*.

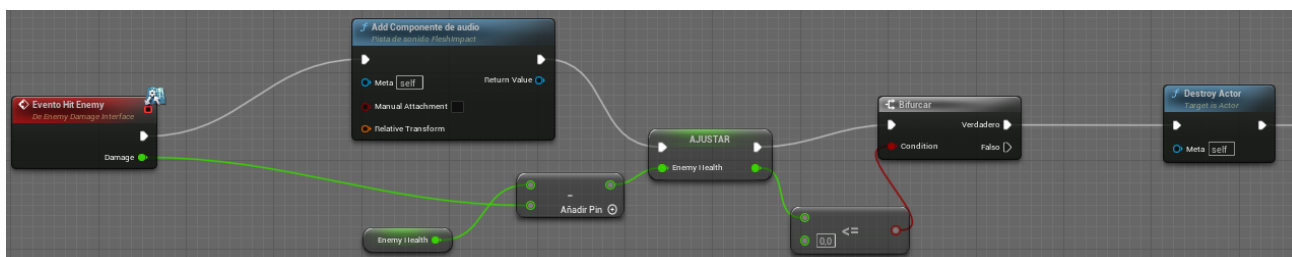


Figura 3-56 Evento de daño del enemigo

3.3.3.4 Evento de disparo del enemigo

Como última característica de interés del enemigo, es imprescindible que sea capaz de golpearnos con sus proyectiles. Anteriormente, se ha programado el proyectil para que cause una disminución determinada de la salud del usuario, para que este golpe suceda se ha de programar el actor enemigo añadiendo ciertos componentes.

En primer lugar, se ha de añadir el componente “*Pawn Sensing*” a cada uno de los enemigos de la simulación. Una vez añadido, es necesario ajustar la distancia a la que queremos que este enemigo nos detecte. Esta distancia es configurable por el instructor para aumentar la dificultad en los enfrentamientos. El que el enemigo nos enfrente en cuanto nos observe, obliga al usuario a utilizar correctamente los distintos procedimientos de combate urbano que se han mencionado anteriormente. Posteriormente, se ha de colocar el evento de este componente en el gráfico de eventos y proyectarlo a “*VRCharacter*”. A partir de este paso, se obtendrá la posición del usuario y se establecerá la rotación del enemigo a la posición de este. En este momento el enemigo ya ha detectado al personaje propio y le está apuntando. A continuación, se establecerá un tiempo entre disparos y se procederá a hacer aparecer el proyectil. Se añadirá otro componente de flecha que se llamará origen del disparo y se colocará en la

bocacha del subfusil enemigo. En esta flecha es donde se procederá a hacer aparecer el proyectil enemigo utilizando el nodo correspondiente para ello. Con el nodo “Spawn Actor” también se procederá a ajustar la escala del proyectil para que se asemeje a una bala real. Por último, se añadirá el componente de audio de un disparo de subfusil que se obtendrá nuevamente del paquete “VRWeapons”. Como se puede observar en la Figura 3-57 en la parte final del evento se ajusta la variable de tiempo entre disparos, que se ha estimado en 0,5 segundos.

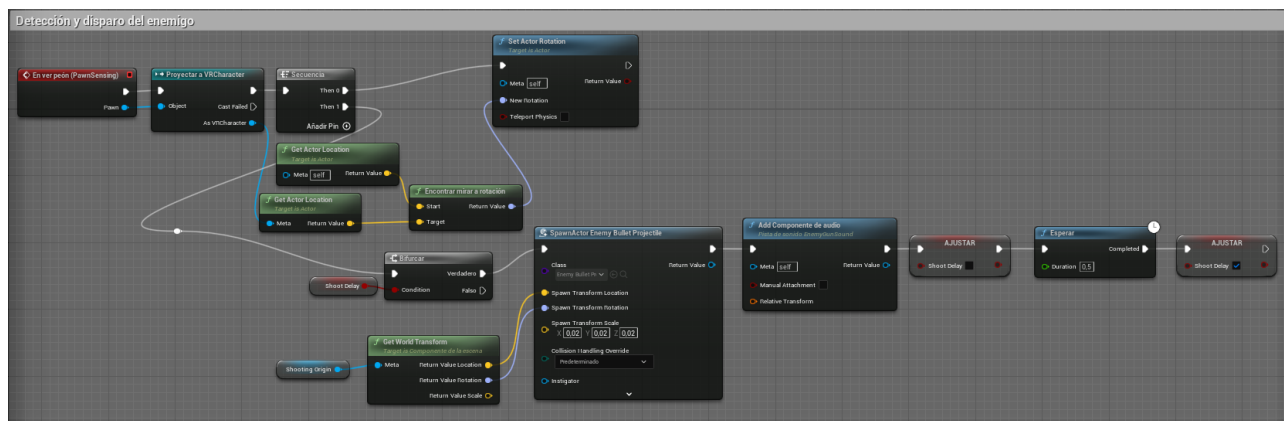


Figura 3-57 Detección y disparo del enemigo

3.3.4 Heads Up Display

Dentro del escenario inmersivo, es necesario que el usuario sea informado de ciertos parámetros a tiempo real, para ello es posible crear una herramienta llamada HUD que nos permitirá dar al combatiente esa información, sin reducir la calidad en la inmersión.

HUD significa "Heads Up Display" (pantalla de visualización frontal) y se refiere a una interfaz gráfica que se muestra en la pantalla del jugador para proporcionar información adicional o una experiencia mejorada. En el mundo de la realidad virtual, el HUD puede aparecer en la pantalla dentro del casco o gafas de realidad virtual del usuario.

El HUD en realidad virtual puede incluir elementos como indicadores de salud, indicadores de munición, mapas, indicadores de objetivo, y cualquier otra información relevante que el jugador necesite para interactuar con el juego. Estos elementos pueden ser animados y diseñados para integrarse en el mundo virtual, de manera que parezcan parte del entorno.



Figura 3-58 HUD

El tiempo es una variable de extrema importancia en el combate en terreno urbano, cada segundo es crucial para la vida de aquellos combatientes que están en la línea de fuego y para el cumplimiento de la misión. Durante el adiestramiento en la Escuela Naval Militar el infante de marina está continuamente presionado para completar cualquier tipo de tarea o misión en una franja horaria muy limitada. Es por ello por lo que se ha creado un temporizador para el escenario que será mostrado continuamente en pantalla. Dependiendo del nivel de adiestramiento y la experiencia del usuario que lo utiliza, el instructor podría establecer el tiempo que consideré oportuno en cada caso.

En primer lugar, es necesario crear tres cuadros de texto en el lienzo del VRHUD. En el primero se mostrarán los minutos restantes, en el segundo los dos puntos de separación y por último los segundos. Se ha modificado el tamaño del texto y el color para que resalte en pantalla durante la simulación.

El siguiente paso será acceder nuevamente al personaje VRCharacter y continuar la rama procedente del evento de comienzo de juego. Se establecerá un nodo de espera de un segundo y las variables de minutos y segundos. Utilizando dos condiciones se ha creado la rama que se puede observar en la Figura 3-59 que cambia el valor de estas variables para que el valor de los segundos cuando lleguen a cero se reinicie al valor 59 y bajen los minutos. Cabe recalcar también, que en caso de que tanto minutos como segundos sean cero, se le dará el valor verdadero a una variable de tipo booleano que indicará que el tiempo se ha terminado.

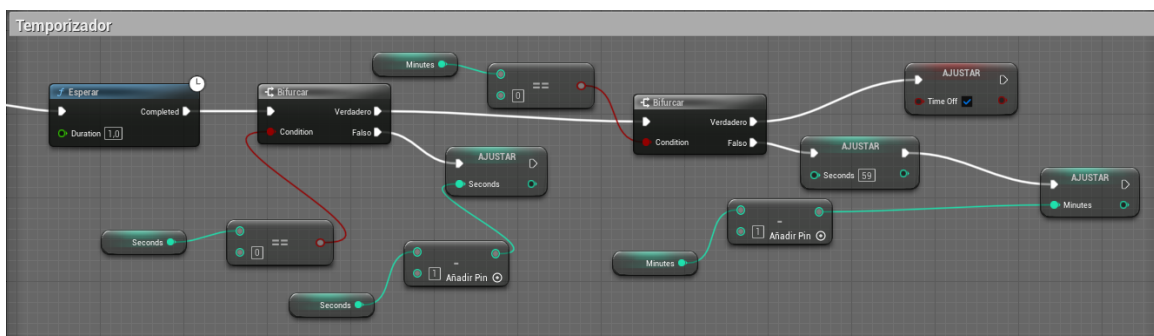


Figura 3-59 Temporizador

En el gráfico de evento de la pantalla de visualización frontal, utilizaremos un nodo cuyo objetivo es llamar a todos los componentes del actor “VRCharacter” y poder crear las distintas funciones necesarias.

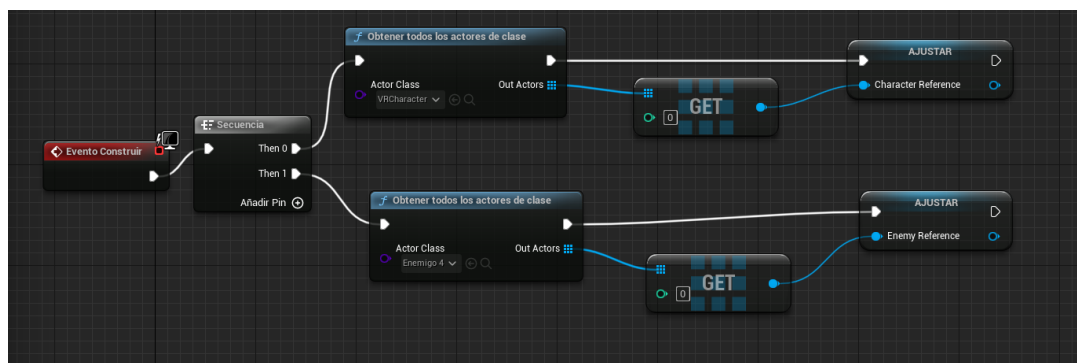


Figura 3-60 Gráfico de evento VRHUD

Finalmente, en los detalles de los cuadros de texto se puede encontrar la opción de crear *bindings* (ataduras). Estas *bindings* son básicamente funciones que asocian el contenido de un objeto en un HUD con una variable o resultado. Asociaremos a cada cuadro de texto su correspondiente valor y ya se tendría la posibilidad de observar el tiempo restante durante la simulación.

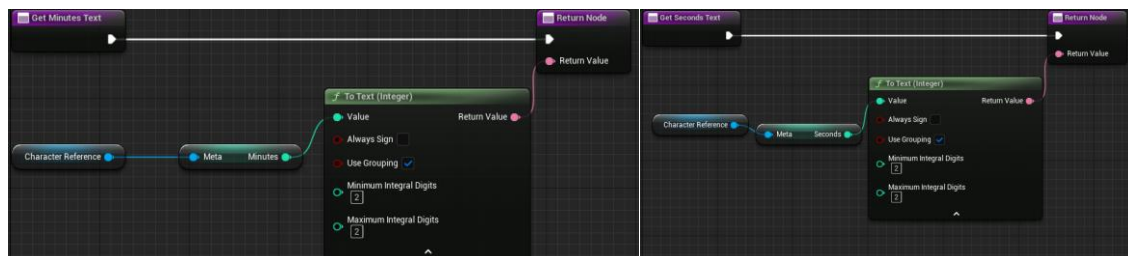


Figura 3-61 Bindings para obtener minutos y segundos

3.3.4.2 Munición restante y salud del usuario

Anteriormente, se ha establecido el límite de munición de treinta cartuchos por cargador y se ha limitado la salud a cien puntos. Debido al grado de inmersión que requiere el ejercicio, el usuario no puede estar pendiente de cuántos disparos ha recibido o cuántos cartuchos de su cargador ha utilizado ya. Es por ello por lo que gracias al “VRHUD” creado esa información estará disponible en pantalla en todo momento.

Como se realizó en el apartado anterior, en la parte inferior derecha se crearán tres cuadros de texto que mostrarán el número de cartuchos que se tienen disponibles respecto al total. Para el primer texto será necesario crear otro *binding*, y asociar el valor de la variable munición del “VRCharacter” a los números mostrados en pantalla. Como parte de la decoración del HUD creado, se ha importado una imagen estática de la silueta del HK G36. (Figura 3-62)

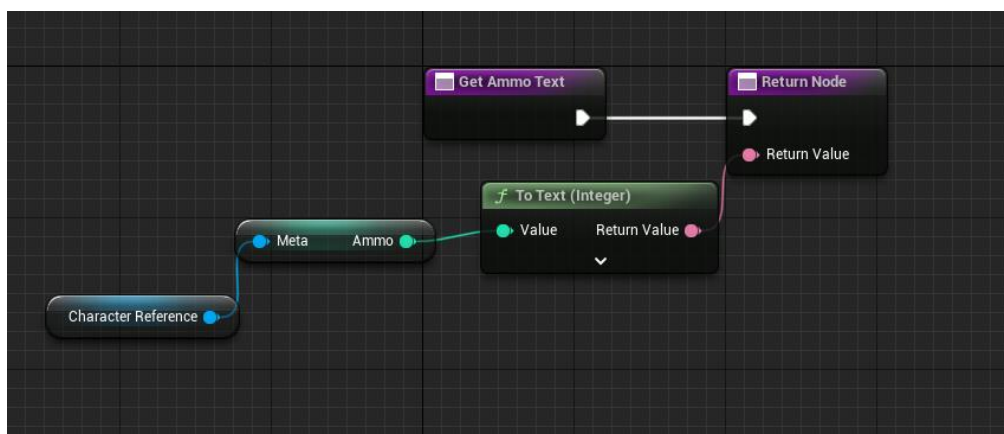


Figura 3-62 Binding Obtener munición

La salud restante del usuario ha sido representada en pantalla utilizando una barra de color rojo que va reduciéndose hacia la izquierda en pantalla. Gracias a esta posibilidad, es posible estimar la vida restante de manera instantánea. En lugar de crear otra función, se ha llamado a “VRHUD” dentro de “VRCharacter” utilizando el nodo “Get user widget object” que permite darle un valor a el porcentaje restante de salud y mostrarlo en la barra de vida.

3.3.4.3 Misión fallida y misión cumplida

El éxito de la misión depende de varios factores que pueden ser modificados por el instructor para un mayor adiestramiento. La correcta utilización del procedimiento MOUT es esencial para conseguir

el objetivo y no ser eliminado por el enemigo. Existen dos posibilidades a partir de las cuales se consideraría la misión como fallida:

- Si la variable salud de VRCharacter es menor o igual a cero.
- Si el valor de las variables minutos y segundos es menor o igual a cero.

Dentro del VRHUD se ha creado un cuadro de texto y se ha ajustado la fuente y color para conseguir un aspecto llamativo. A este cuadro de texto se le ha adjuntado el mensaje “MISIÓN FALLIDA” a partir de un *binding* que llama tanto a la variable final de tiempo como a la de salud. Pasados tres segundos después de la aparición del mensaje la simulación terminará.

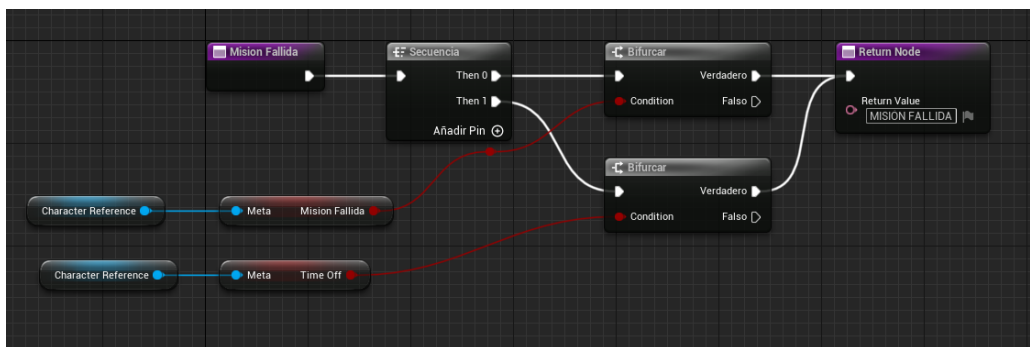


Figura 3-63 Binding Misión fallida

Para cumplir la misión solo existe un requisito. Se ha de neutralizar al último enemigo que está situado en el depósito de municiones en el segundo piso del edificio noroeste. Si se ha seguido el procedimiento táctico con rigor, este debería ser el último enemigo que quede en el escenario y permitiría al usuario finalizar la simulación.

Para lograr este resultado se ha tenido que llamar a todos los actores de la clase Enemigo4, al igual que se realizó con VRCharacter. (Figura 3-60) Una vez se ha realizado, se ha de crear otro texto situado en medio de la pantalla que contenga “MISIÓN CUMPLIDA” y el correspondiente *binding* que tendrá la estructura observable en la Figura 3-64.

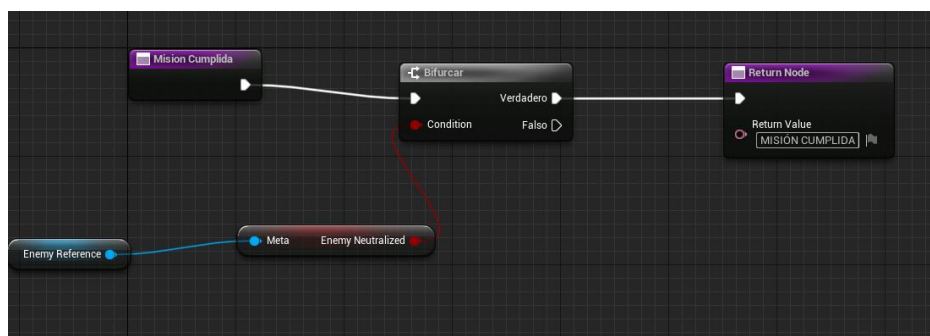


Figura 3-64 Binding Misión cumplida

Además del diseño de la calle, también se ha logrado un detallado diseño de interiores que ayuda a la inmersión del alumno y permite el entrenamiento de combate en interiores, además de la subida de escaleras con el personaje (Figura 3-20/3-21).



Figura 4-2 Interior del edificio en la simulación

El HK G36 se ha incorporado al escenario con gran detalle, la animación de las manos es la correcta y se puede observar como el disparador se acciona al mismo tiempo que el *motion controller* del usuario (Figura 3-37). El proyectil también deja una marca de impacto de bala en los objetos satisfactoriamente. Asimismo, la incorporación del HK G36 se puede observar en la Figura 3-25 y el BP de generación del proyectil en la Figura 3-43.



Figura 4-3 Accionamiento del disparador y agujeros en los objetos durante la simulación

Otra característica que ha sido satisfactoria durante la simulación es la implementación de la mira de tres aumentos del HK G36. (Figura 3-27)



Figura 4-4 Mira del fusil durante la simulación

4.3 Programación de los actores

El movimiento del combatiente, tanto el movimiento con el *trackpad* del *motion controller* izquierdo como la cinemática inversa, es correcto (Figura 3-36). La posición de las manos es la deseada y está centrada en el origen indicado (Figura 3-40/41). El movimiento de las extremidades es fluido y adjuntar el arma no provoca ningún error ni limitación de movimientos. Los movimientos de los proyectiles son acertados, su origen preciso y sus colisiones son las esperadas. (Figura 3-46)

La programación de la vida del usuario se ha visto reflejada en la simulación, cuando el combatiente recibe un impacto de proyectil la barra de salud disminuye proporcionalmente y una vez esta es menor o igual que cero en el *heads up display* se muestra el texto “MISIÓN FALLIDA” satisfactoriamente. Además, se ha comprobado que cuando el tiempo del temporizador que se muestra en pantalla es menor o igual que cero, el mismo mensaje se muestra en pantalla y la simulación finaliza (Figura 3-59/61). Los *Blueprints* de estas posibilidades se muestran en la Figura 3-45/63.



Figura 4-5 Misión fallida durante la simulación

Cuando el combatiente se encuentra en el segundo piso del edificio objetivo, se encuentra con el último adversario. Una vez este adversario queda neutralizado, el mensaje “MISIÓN CUMPLIDA” se muestra en pantalla (Figura 3-64). Además, se ha comprobado que al pulsar el gatillo del *motion controller* izquierdo, se activan los sonidos de cambio de cargador y, después de un segundo, la munición del fusil mostrada en el *heads up display* vuelve a ser treinta cartuchos (Figura 3-44/62). Esta información se corresponde en todo momento con el número de veces que el alumno puede disparar proyectiles hasta que se queda sin munición en el cargador.



Figura 4-6 Misión cumplida durante la simulación

Por último, el enemigo que patrulla y busca también sigue el árbol de comportamiento, que se muestra en la Figura 3-54, debidamente. Busca los puntos de patrulla y respeta los tiempos de espera, una vez encuentra al usuario se aproxima a él y abre fuego (Figura 3-50). Si pierde la localización del usuario, el enemigo realizará una búsqueda de cuatro segundos en el último punto donde lo visualizó (Figura 3-52). También cabe destacar, que la disminución de salud que sufren los enemigos debido a los impactos de proyectil se corresponde con el valor que se le ha dado a la variable daño de este. Cuando la vida de los cuatro enemigos es menor o igual que cero este se destruye al igual que su arma continuando la simulación sin problema alguno. Asimismo, el código de la neutralización del enemigo se muestra en la Figura 3-55/56. Las animaciones de andar y apuntar son las correctas para los enemigos y la unión de los componentes es precisa.



Figura 4-7 Enemigo patrullando en la simulación

También se han comprobado las distintas colisiones posibles en el escenario. De hecho, el usuario no tiene la posibilidad de atravesar paredes u objetos, al igual que los proyectiles, tantos propios como los del enemigo. El BP de las colisiones del usuario se puede observar en la Figura 3-39. Los sonidos ambientes, los disparos y la recarga del arma suenan en su debido momento y con volumen y precisión.

4.4 Comprobación del escenario

Todas las características del simulador de combate se han probado, una a una, en el laboratorio de realidad virtual del edificio de investigación del Centro Universitario de la Defensa. Cabe destacar, que se han comprobado todas las conexiones y el correcto funcionamiento del software. El contraste entre el mundo real y la simulación ha sido comparado y la conectividad del usuario está asegurada durante el transcurso del adiestramiento.



Figura 4-8 Comprobación de la simulación

La tecnología de realidad virtual ha resultado ser excelente durante el desarrollo del presente proyecto. Tanto los controladores de movimiento, como las gafas de realidad virtual han sido dispositivos que han resultado cómodos y fiables en su utilización. Asimismo, el equipo utilizado ha funcionado de manera fluida pese a la complejidad y tamaño del software utilizado.

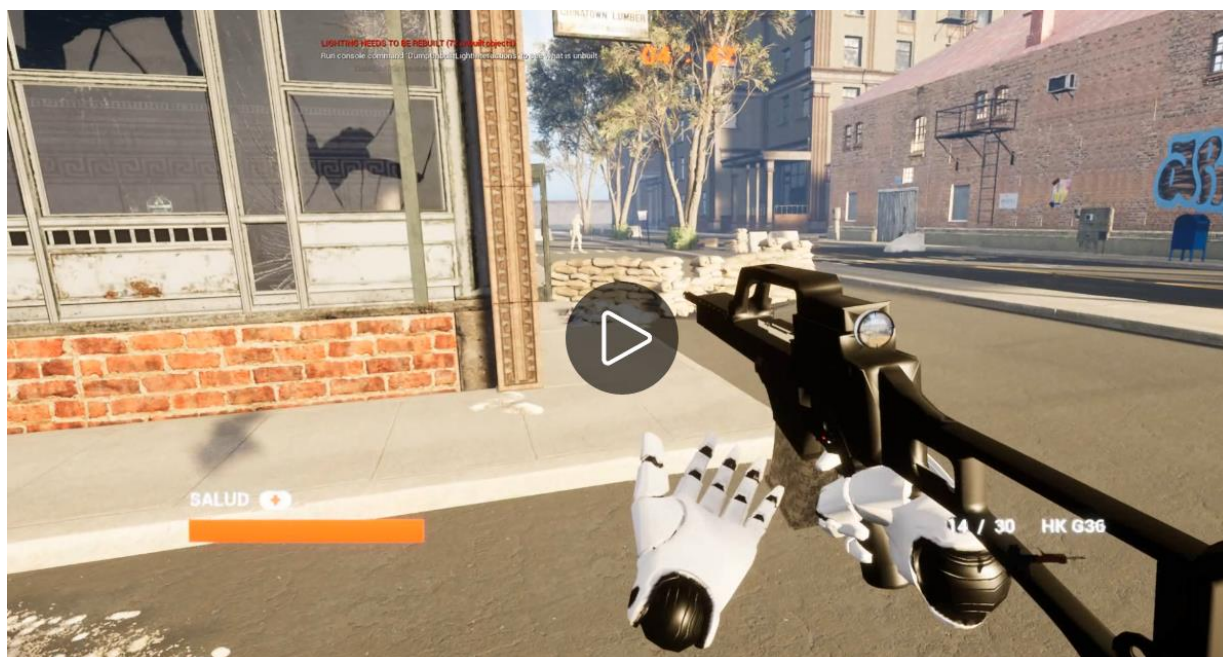


Figura 4-9 Video explicativo del escenario de combate

Finalmente, como se muestra en la Figura 4-9, con el objetivo de demostrar las capacidades del escenario inmersivo de combate, se ha realizado un producto audiovisual que demuestre el correcto funcionamiento de las características principales de este

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Descripción del apartado

Después de recoger los distintos resultados que se han obtenido de la simulación, se finalizará el presente proyecto con ciertas reflexiones al respecto.

5.2 Conclusiones

5.2.1 Diseño del escenario de combate

Se mostrarán las conclusiones de las dos partes realizadas durante el proyecto; el diseño y la programación.

Es escenario de combate diseñado cumple con los objetivos iniciales que se esperaban de él. Se quería que se pudieran practicar distintas casuísticas relacionadas con el procedimiento MOUT. En el escenario existen varios lugares específicos que permiten distintas prácticas.

En primer lugar, el jugador ha de cruzar la esquina entre la calle inicial y la calle principal. Posteriormente, ha de cruzar la calle de un lado a otro para acercarse al cruce. El cruce es una de las situaciones más peligrosas en el combate en terreno urbano y en el escenario se quiere hacer hincapié en esta parte. También es posible practicar el paso por delante de ventanas y finalmente, tanto la entrada en edificios, como la subida de escaleras en su interior. Todas estas posibilidades permiten un entrenamiento inmersivo que realmente será útil al combatiente en cuestión.

La extensión del escenario es la correcta para el tiempo que se quiere emplear para cada simulación. Y el nivel de detalle es el óptimo para que exista la tan necesitada inmersión. Y también se ha conseguido diseñar el interior de un edificio con grandes resultados.

En general, teniendo en cuenta los objetivos, el diseño ha sido completamente satisfactorio y cumple con las necesidades del adiestramiento.

5.2.2 Programación

Para empezar, se ha utilizado *Blueprints*, el lenguaje de programación propio de *Unreal Engine*. El hecho de que utilice nodos visuales en lugar de líneas de código como otros tipos de lenguaje, ha facilitado su aprendizaje en gran medida. La organización de los distintos nodos dentro de cada actor ha sido de gran utilidad para poder llevar a cabo la programación de las partes principales del programa.

Sin lugar a duda, la programación del escenario es el eslabón principal del presente proyecto. Es la parte que va a permitir cualquier adiestramiento dentro del mismo y donde hay más margen de mejora.

Se han programado tanto el personaje que maneja el usuario, la inteligencia artificial, los proyectiles, las armas, las animaciones, los materiales o los sonidos.

El personaje VRCharacter es el actor principal del escenario y el que ha requerido más *Blueprints* para su programación. El resultado final de este actor ha resultado satisfactorio. El movimiento, las colisiones, el acople del arma y disparo han resultado de gran calidad y permiten que el usuario pueda practicar el procedimiento MOUT sin ningún tipo de problema.

La inteligencia artificial mediante árboles de comportamiento es una herramienta con un gran potencial y es una de las partes que más margen de mejora tiene. El enemigo que patrulla ha sido uno de los retos más complicados de este proyecto y el resultado ha sido finalmente satisfactorio.

El fusil HK G36 se ha implantado con gran realismo al escenario, se ha podido añadir la animación para accionar el disparador y no tiene problemas a la hora de disparar el proyectil. Funcionalmente cumple con los requisitos que eran necesarios para el adiestramiento en el escenario. El daño al enemigo ha resultado un éxito también.

Otra parte de la programación que ha resultado exitosa es la utilización de la tecnología de realidad virtual con Unreal Engine. En todo momento se ha podido comprobar las distintas características del escenario mediante la utilización de los dispositivos. Además, la interacción con los distintos objetos y la sincronización entre los movimientos del personaje y la realidad, han permitido dar gran calidad a la experiencia del usuario. El mareo y las colisiones no han sido un problema durante las distintas simulaciones por lo que se puede considerar que la utilización de los dispositivos de realidad virtual ha sido satisfactoria.

5.2.3 Conclusiones finales

En conclusión, la Armada debe utilizar simuladores de realidad virtual debido a los múltiples beneficios que ofrecen. En primer lugar, los simuladores de realidad virtual permiten entrenar a los soldados en situaciones de combate realistas y en entornos seguros, lo que reduce el riesgo de lesiones y aumenta la eficacia de la formación. Además, este escenario puede recrear situaciones y escenarios de combate en terreno urbano específicos, lo que permite a los soldados entrenar y poner en práctica los procedimientos operativos.

Además, estos simuladores permitirán a la Escuela Naval Militar tener otro medio de evaluación de la compañía de alumnos del cuerpo de Infantería de Marina. El grado de complejidad del escenario puede ser variado dependiendo de los parámetros que elija el instructor. Un simulador de combate podría complementar los distintos ejercicios de combate en terreno urbano que realizan los alumnos durante los años de adiestramiento. Por otro lado, la enseñanza naval en todas las escuelas de la Armada podría mejorar en gran medida. Simuladores de combate naval o navegación deben evolucionar para el mejor adiestramiento de los integrantes de la marina de guerra.

La tecnología de realidad virtual es una tecnología en constante evolución y desarrollo. Esto significa que su utilización podría llegar a mejorar y expandirse y en las Fuerzas Armadas Españolas. Los entornos podrían llegar a ser más realistas y las mecánicas utilizadas más cercanas al movimiento del combatiente. Cuanto más mejore la inmersión del usuario, más situaciones de estrés y fatiga podrían ser simuladas y por lo tanto el adiestramiento en la toma de decisiones mejoraría ampliamente.

Finalmente, se ha conseguido elaborar un simulador de realidad virtual en el que el alumno puede practicar los movimientos y procedimientos del MOUT (*Military Operations in Urban Terrain*). Con un instructor presente, el escenario puede ser una gran herramienta de evaluación y complementar el adiestramiento específico en esta materia.

Debido a las razones dadas anteriormente, el presente proyecto queda finalizado satisfactoriamente.

5.3 Líneas futuras

En este apartado se expondrán los posibles cambios y mejoras al presente proyecto, para mejorar el campo de investigación relacionado con el mismo.

5.3.1 A corto plazo

A continuación, se discutirán las posibles líneas a seguir en un periodo de tiempo a corto-medio plazo.

En los futuros escenarios de combate inmersivos con realidad virtual, existen infinitas posibilidades. La extensión puede ser ampliada, se puede implementar mayor número de posiciones enemigas o añadir más detalles y sonidos para mejorar la inmersión. Una gran mejora sería diseñar el interior del resto de edificios del escenario obligando así al combatiente a inspeccionar cada uno de ellos.

En el apartado de programación existen varios aspectos a mejorar. El cambio que marcaría la diferencia sería la posibilidad de que varios usuarios utilicen a la vez el simulador. Un equipo de fuego suele componerse por cuatro o cinco integrantes y la posibilidad de que varios alumnos a la vez puedan moverse e interactuar entre ellos en el escenario, daría grandes posibilidades de adiestramiento. Como se puede ver en las distintas casuísticas del procedimiento de combate en terreno urbano, el factor más importante para estas misiones es el trabajo en grupo y el liderazgo, la posibilidad de implementar varios combatientes daría pie al adiestramiento en estos aspectos.

Además, un registro de resultados podría facilitar la posterior evaluación de cada uno de los alumnos que han participado en los distintos ejercicios. Mejores animaciones podrían ser implementadas al igual que un sistema de movimiento que permitiera al usuario avanzar caminando. Cintas mecánicas o dispositivos acoplados a las piernas del combatiente serían de gran utilidad.

5.3.2 Largo plazo

A largo plazo sería interesante la utilización de la realidad virtual para el adiestramiento de los futuros oficiales del cuerpo general. El combate naval podría ser simulado, las explosiones, sensaciones, situaciones de estrés, amenaza asimétrica y mucho más podría ser simulado para el entrenamiento de los alumnos. También podría ser implementado en el adiestramiento en el ámbito aéreo para los futuros pilotos navales.

Además del adiestramiento de oficiales, también se podría implementar el adiestramiento de suboficiales, tropa y marinería. La utilización de los distintos dispositivos que existen en un buque y los procedimientos específicos para los distintos puestos en zafarrancho de combate serían de gran interés para la enseñanza naval.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. P. Zurdo, «Gemelos virtuales en el astillero 4.0», *El País*, Madrid, 20 de abril de 2020. Accedido: 1 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elpais.com/economia/2020/04/20/actualidad.html>
- [2] Almirante General Jefe del Estado Mayor de la Armada, «LINEAS GENERALES DE LA ARMADA». 11 de enero de 2022.
- [3] RAE, «Definición de soberanía - Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE», *Diccionario panhispánico del español jurídico - Real Academia Española*. <http://dpej.rae.es/lema/> (accedido 1 de febrero de 2023).
- [4] «Origin of chess aka Chaturanga». <https://www.esamskriti.com/e/Culture/Indian-Culture/Origin-of-chess-aka-Chaturanga-1.aspx> (accedido 31 de enero de 2023).
- [5] «NPS Wargaming Center - Naval Warfare Studies Institute - Naval Postgraduate School». <https://nps.edu/web/nwsi/nps-wargaming-center> (accedido 6 de febrero de 2023).
- [6] Defensa.com, «Industria 4.0 y defensa-noticia defensa.com - Noticias Defensa Opinión», *Defensa.com*, 1 de marzo de 2019. <https://www.defensa.com/opinion/industria-4-y-defensa> (accedido 31 de enero de 2023).
- [7] «¿Qué es la Industria 4.0?», *LIS Data Solutions*, 11 de febrero de 2019. <https://www.lisdatasolutions.com/es/blog/que-es-la-industria-4-0/> (accedido 31 de enero de 2023).
- [8] Secretaría general técnica de la defensa, «Estrategia de tecnología e innovación para la Defensa ETID - 2020», *Castellano*, diciembre de 2020. <https://publicaciones.defensa.gob.es/estrategia-de-tecnologia-e-innovacion-para-la-defensa-etid-2020-libros-pdf.html> (accedido 31 de enero de 2023).
- [9] World Military Simulation and Virtual Training Market Analysis Report 2022-2030: War Zone Games, Battle/Mission Drills, Virtual Indoor Shooting Ranges, Virtual Boot Camp, & Tactical Medical Training». <https://finance.yahoo.com/news/world-military-simulation-virtual-training-134500719.html> (accedido 31 de enero de 2023).
- [10] «La realidad virtual aplicada al entrenamiento militar - Revista Cloud Computing». <https://www.revistacloudcomputing.com/2021/11/la-realidad-virtual-aplicada-al-entrenamiento-militar/> (accedido 31 de enero de 2023).
- [11] «Entrenamiento y Simulación», *Start*. <https://www.saab.com/es/markets/spain/entrenamiento-y-simulacion> (accedido 31 de enero de 2023).
- [12] «Shooter | Definición en GamerDic». <https://www.gamerdic.es/termino/shooter/> (accedido 31 de enero de 2023).
- [13] «Call of Duty: Warzone 2.0 | Xbox», *Xbox.com*. <https://www.xbox.com/es-MX/games/call-of-duty-warzone> (accedido 31 de enero de 2023).
- [14] «Arma 3 review | PC Gamer». <https://www.pcgamer.com/arma-3-review/> (accedido 31 de enero de 2023).
- [15] Revista española de defensa, «Simuladores en las Fuerzas Armadas españolas», abril de 2012.
- [16] A. Aeroespacial, «El simulador de helicópteros del Ejército de Tierra alcanza las 50.000 horas de vuelo», *Actualidad Aeroespacial*, 6 de febrero de 2020. <https://actualidadaeroespacial.com/el->

simulador-de-helicopteros-del-ejercito-de-tierra-alcanza-las-50-000-horas-de-vuelo/ (accedido 2 de febrero de 2023).

- [17] «Experiencia de vuelo en simulador F18 SR Superhornet para 1 o 2 personas desde 39,95 € en airpoint.es», *Groupon*. <https://www.groupon.es/deals/airpoint-es> (accedido 2 de febrero de 2023).
- [18] R. D. InfoDefensa, «El Simulador de Plataforma de los submarinos S-80 llega al arsenal de Cartagena», *Infodefensa - Noticias de defensa, industria, seguridad, armamento, ejércitos y tecnología de la defensa*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3144486/simulador-plataforma-submarinos-s-80-llega-arsenal-cartagena> (accedido 2 de febrero de 2023).
- [19] «Indra lanza una versión de su simulador Víctrix basada en la realidad virtual». <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3291679/indra-lanza-version-simulador-victrix-basada-realidad-virtual> (accedido 31 de enero de 2023).
- [20] «Las Fuerzas Armadas cuentan ya con 34 simuladores de tiro Victrix», *ABC Blogs*, 20 de enero de 2016. <https://abcblogs.abc.es/terra-mar-aire/otros-temas/simulador-tiro-victrix.html> (accedido 2 de febrero de 2023).
- [21] D. de Cádiz, «La Armada ampliará el campo de adiestramiento en combate urbano de San Fernando», *Diario de Cádiz*, 19 de agosto de 2022. <https://www.diariodecadiz.es/sanfernando/Armada-ampliara-campo-adiestramiento-combate-urbano-San-Fernando.html> (accedido 31 de enero de 2023).
- [22] Escuela Naval Militar, «Military Operations in Urban Area». enero de 2022.
- [23] «Simulación». <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/simulacio.html> (accedido 3 de febrero de 2023).
- [24] «Los orígenes de la simulación: de la vida real al videojuego», *MeriStation*, 20 de julio de 2020. https://as.com/meristation/2020/07/20/reportajes/1595231489_881486.html (accedido 3 de febrero de 2023).
- [25] «a. HISTORIA DE LA SIMULACION», *SIMULACION DE PROCESOS EMPRESARIALES*. <https://simulaciondeprocesosempresariales9.wordpress.com/category/a-historia-de-la-simulacion/> (accedido 3 de febrero de 2023).
- [26] «SimCity BuildIt-EASports » www.ea.com (accedido 3 de febrero de 2023).
- [27] «Sistemas de simulación: para qué sirven y dónde los aplicamos en la industria», *ITCL*, 4 de septiembre de 2018. <https://itcl.es/blog/para-que-sirven-los-sistemas-de-simulacion/> (accedido 5 de febrero de 2023).
- [28] *La importancia de la simulación y modelación en la actualidad | Décimo Sexta Edición - IoT en la actualidad*. Accedido: 5 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://revistaecys.github.io/16Edicion/05_dargueta.html
- [29] «La simulación virtual como método de formación de personal», *Two Reality*, 21 de marzo de 2017. <https://www.tworeality.com/la-simulacion-virtual-como-metodo-de-formacion-de-personal/> (accedido 5 de febrero de 2023).
- [30] «Éstas son las áreas y sectores más impactados por las tecnologías inmersivas | Estrategias digitales | IT User». <https://www.ituser.es/estrategias-digitales/2019/12/estas-son-las-areas-y-sectores-mas-impactados-por-las-tecnologias-inmersivas> (accedido 5 de febrero de 2023).
- [31] «Capacitación con simuladores», *prezi.com*. <https://prezi.com/rlzmhv6zvrb/capacitacion-con-simuladores/> (accedido 5 de febrero de 2023).

- [32] Axel Domínguez Aránega, «Desarrollo de un Videojuego enfocado a Realidad Virtual». UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA, Curso Académico: /2017 de 2016. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/>
- [33] «Mejores juegos VR: 11 grandes experiencias | Enero 2023», *Roams*. <https://videojuegos.roams.es/rankings/mejores-juegos-vr> (accedido 31 de enero de 2023).
- [34] «Assetto Corsa Ultimate Edition Steam PC Key». <https://www.steampowered.com/es/assetto-corsa-ultimate-edition-steam-key-global> (accedido 31 de enero de 2023).
- [35] «Microsoft Flight Simulator | Xbox». <https://www.xbox.com/es-ES/games/microsoft-flight-simulator> (accedido 31 de enero de 2023).
- [36] «Unreal Engine 4, El motor gráfico que ofrece el máximo realismo», *BABOONLAB SL*, 21 de septiembre de 2017. <https://baboonlab.odoo.com/blog/noticias-de-marketing-inmobiliario-y-tecnologia-1/unreal-engine-4-el-motor-grafico-que-ofrece-realismo-al-maximo-23> (accedido 31 de enero de 2023).
- [37] «Zero Density and Epic Games Became Strategic Partners in Broadcast - Zero Density». <https://www.zerodensity.tv/zero-density-and-epic-games-became-strategic-partners-in-broadcast/> (accedido 31 de enero de 2023).
- [38] «Tarjetas gráficas GeForce RTX 3050», *NVIDIA*. <https://www.nvidia.com/es-es/geforce/graphics-cards/30-series/rtx-3050/> (accedido 31 de enero de 2023).
- [39] «Nvidia GeForce RTX 3050 Ti Laptop análisis | 54 características detalladas», *VERSUS*. <https://versus.com/es/nvidia-geforce-rtx-3050-ti-laptop> (accedido 31 de enero de 2023).
- [40] «NVIDIA GeForce RTX 3050 Ti (movilidad): características, especificaciones y precios | Geektopia». <https://www.geektopia.es/es/product/nvidia/geforce-rtx-3050-ti-movilidad/> (accedido 31 de enero de 2023).
- [41] «Nvidia estaría preparando las RTX 3050 y RTX 3050 Ti para escritorio, estas serían sus especificaciones». <https://www.hd-tecnologia.com/nvidia-estaria-preparando-las-rtx-3050-y-rtx-3050-ti-para-escritorio-estas-serian-sus-especificaciones/> (accedido 31 de enero de 2023).
- [42] «Historia de la Realidad Virtual – Xperimenta Cultura». <https://xperimentacultura.com/historia-de-la-realidad-virtual/> (accedido 5 de febrero de 2023).
- [43] «Se cumplen 10 años del primer prototipo de Oculus Rift». <https://www.realovirtual.com/noticias/11582/se-cumplen-10-anos-del-primer-prototipo-oculus-rift> (accedido 5 de febrero de 2023).
- [44] «VIVE - VR Headsets, Games, and Metaverse Life | United States». <https://www.vive.com/us/> (accedido 25 de febrero de 2023).
- [45] J. Maturana, «HTC Vive, análisis: esto sí que es realidad virtual interactiva», *Xataka*, 30 de mayo de 2017. <https://www.xataka.com/analisis/htc-vive-analisis-esto-si-que-es-realidad-virtual-interactiva> (accedido 5 de febrero de 2023).
- [46] A. I. Studio, «UE4 | Cómo añadir decals», *Another Indie Studio*, 4 de diciembre de 2020. <https://anotherindiestudio.com/tutorial-por-blueprints-en-ue4/como-anadir-decals/> (accedido 14 de febrero de 2023).
- [47] «What is VR locomotion (virtual reality locomotion)? | Definition from TechTarget», *WhatIs.com*. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/VR-locomotion-virtual-reality-locomotion> (accedido 22 de febrero de 2023).

- [48] «how to make a vr movable character unreal engine 5 - Buscar con Google». <https://www.google.com/search?q=how+to+make+a+vr+movable+character+unreal+engine+5&rlz=1> (accedido 22 de febrero de 2023).
- [49] «What Is Inverse Kinematics?» <https://www.mathworks.com/discovery/inverse-kinematics.html> (accedido 2 de marzo de 2023).

ANEXO I: IMPLICACIONES ECONÓMICAS

Como se ha mencionado anteriormente, el adiestramiento del combatiente es vital y consecuentemente, costoso. Las salidas al campo de los alumnos de Infantería de Marina son el centro de su adiestramiento y la asignatura más importante que van a cursar durante sus años de estancia en la Escuela Naval Militar. No es una actividad sustituible por completo, pero sí que puede ser complementada en gran medida.

El escenario de este proyecto pretende ser una herramienta de adiestramiento que permita a los alumnos practicar el procedimiento de combate urbano. Los distintos movimientos, tácticas o formaciones pueden llegar a ser practicados repetidamente sin ningún tipo de coste para la academia. Fundamentalmente, la continua práctica de los futuros oficiales hará que cuando vayan a realizar el adiestramiento de combate en territorio urbano, los movimientos básicos estén ya automatizados en ellos.

El lugar más frecuente donde la compañía de alumnos realiza esta clase de adiestramiento es el campo de prácticas de Figueirido en Pontevedra. Este recinto se encuentra a unos ocho kilómetros de la Escuela Naval Militar y requiere de una gran coordinación logística. Es necesario mover a casi cien individuos que forman la compañía, más el material necesario para realizar el ejercicio. La motivación principal del simulador es que menos de estas salidas sean necesarias para el adiestramiento de combate en territorio urbano pudiendo complementar ese adiestramiento a bordo de la Escuela Naval.

Resumiendo lo planteado, teniendo en cuenta todo el esfuerzo logístico que la Escuela Naval Militar tendría la posibilidad de ahorrarse, creemos que el presente proyecto conlleva importantes implicaciones económicas. Sin duda alguna, implementar el adiestramiento en el simulador al plan de estudios de los alumnos, como complemento a las salidas al campo, es una solución razonable y real para la reducción del capital invertido en estas materias.

ANEXO II: REFLEXIONES ÉTICAS Y SOCIALES

Las reglas de enfrentamiento, o ROEs, son las directrices militares que pretenden describir las circunstancias en las que se va a encontrar una fuerza propia dentro de una operación con fuerzas enemigas. Estas directrices permiten al combatiente saber cuándo, dónde y cómo puede ser utilizado el poder militar.

En el contexto actual, es importante reflexionar sobre el papel que desempeñan las reglas de enfrentamiento en el mundo en el que vivimos. Vivimos en una sociedad cada vez más compleja y en la que el uso de la fuerza por parte de los militares puede tener un impacto significativo en la vida de las personas, especialmente en las zonas de conflicto.

Las reglas de enfrentamiento son importantes para garantizar que los militares actúen con responsabilidad y respeten los derechos humanos, incluso en situaciones de alta tensión y estrés. Sin embargo, también debemos ser conscientes de que la aplicación de estas reglas no siempre es perfecta, y que puede haber situaciones en las que se produzcan abusos y violaciones de ellas.

Es importante que sigamos reflexionando sobre cómo mejorar la eficacia de las reglas de enfrentamiento y garantizar que se apliquen de manera justa y equitativa en todas las situaciones. Solo así podremos construir una sociedad más justa y pacífica para todos.

Con el objeto de que los futuros oficiales de la Armada tengan los conocimientos y el liderazgo para tomar las decisiones necesarias respecto a las reglas de enfrentamiento, el simulador de combate puede ser utilizado para la instrucción en complejas situaciones. La presencia de civiles, la rendición de oponentes o la limitación en el uso de armas de fuego, pueden ser herramientas programables en el entorno de realidad virtual y ayudarían a la mejora en liderazgo y análisis del entorno. Como dijo John F. Kennedy- “Leadership and learning are indispensable to each other.” El liderazgo es una habilidad que se desarrolla y práctica como cualquier otra. Cuanto más adiestramiento en liderazgo se le dé a los futuros oficiales de la Armada, tomarán decisiones más acertadas en beneficio de España.

ANEXO III: MANUAL DE LAS GAFAS HTC VIVE PRO

htc®



VIVE™

Guía para el usuario

Contenidos

Contenido de la caja

Contenido del paquete?	5
¿Cuáles son los requisitos del sistema?	6

Casco y Link Box

Casco	7
Link Box	16
Sujeción Deluxe con audio	19
Cuidados y reparaciones del producto	34
Resolución de problemas	40

Estaciones base

Acerca de las estaciones base VIVE	46
Instalación de las estaciones base	47
Consejos para instalar las estaciones base	49
Usar el kit de montaje	49
Actualizar el firmware de la estación base a través de conexión con cable	50
Actualizar el firmware de la estación base a través de Bluetooth	51
¿Qué significa la luz de estado en las estaciones base?	52
¿Qué debo hacer si no se detecta alguna de las estaciones base?	52
¿Es necesario utilizar el cable de sincronización?	52
¿Están cubiertas por la garantía las estaciones base en caso de daños accidentales?	53
Cuando VIVE está siendo utilizado, el control remoto de la TV no funciona. ¿Qué puedo hacer?	53

Controladores

Acerca de los controladores VIVE controladores	54
Cargar los controladores	55
Encender o apagar los controladores	55
Vincular los controladores con el casco	55
Colocar las correas a los controladores	56
Actualizar el firmware del controlador	56
¿Qué significa la luz de estado en los controladores?	57
¿Qué debo hacer si no se realiza el seguimiento de alguno de los controladores?	57
¿Cómo sé cuál es el controlador del que no se realiza el seguimiento?	57
¿Qué puedo hacer si el panel táctil es demasiado sensible?	58
¿Qué debo hacer si mi controlador no enciende?	58
El controlador se apaga automáticamente. ¿Qué debo hacer?	58
Mi controlador no se enciende después de que lo desconecté durante la actualización de firmware por accidente. ¿Qué debo hacer?	59

Área de juego

¿Qué es el área de juego?	60
Planificar su área de juego	60
Elegir el área de juego	61
Configurar VIVE por primera vez	62
Establecer un área de juego de solo de pie	62

Establecer un área de juego a escala de habitación	63
Restablecer el área de juego	63
Verificar la configuración	64
Después de la configuración, ¿cómo puedo encender el sistema de VIVE?	64
¿Cuál es el espacio recomendado para el área de juego?	65
¿Puedo incluir el espacio ocupado por muebles para el área de juego?	65
¿Funcionarán las aplicaciones de VR para experiencias de sentado/solo de pie con una configuración a escala de habitación?	65
¿Cómo puedo resolver errores de descarga durante la instalación de la configuración de VIVE?	66
No puedo realizar la configuración de habitación. ¿Qué debo hacer?	66

Configuraciones

Configuración de la aplicación Vive	67
Configuración del Tablero de control del sistema	67
Notificaciones del teléfono	68
SteamVR	71

Marcas comerciales y derechos de autor

Índice

Acerca de esta guía

En esta guía de usuario, utilizamos los siguientes símbolos para indicar información útil e importante:



Esta es una nota. Una nota a menudo proporciona información adicional, como lo que sucede cuando usted decide realizar o dejar de realizar cierta acción. Una nota también proporciona información que puede ser aplicable sólo en algunas situaciones.



Este es un consejo. Un consejo le proporciona una manera alternativa de realizar un paso o procedimiento en particular, o le da a conocer una opción que le puede ser de ayuda.



Esto indica información importante que usted necesita para lograr una tarea específica o para hacer que una función del teléfono funcione adecuadamente.



Esto proporciona información de seguridad importante, información con la que usted tiene tener mucho cuidado para evitar posibles problemas.

Contenido de la caja

Contenido del paquete?

Su VIVE™ incluye los siguientes elementos, que tendrá que utilizar para experimentar entornos de VR envolventes:

Componente principal	Accesorios
Casco VIVE	▪ Cable 3 en 1 (conectado) ▪ Cable de audio (conectado) ▪ Auriculares ▪ Almohadillas de contacto facial (1 colocada y 1 alternativa para un rostro estrecho) ▪ Paño de limpieza
Link Box	▪ Adaptador de alimentación ▪ Cable HDMI ▪ Cable USB ▪ Almohadilla de montaje
Controladores VIVE (2)	▪ Adaptadores de alimentación (2) ▪ Correas (2 colocadas) ▪ Cables Micro USB (2)
Estaciones base (2)	▪ Adaptadores de alimentación (2) ▪ Kit de montaje (2 montajes, 4 tornillos y 4 tarugos de pared) ▪ Cable de sincronización (opcional)

También puede encontrar documentación en el paquete, como la Guía de seguridad y regulación y la tarjeta de garantía.

¿Cuáles son los requisitos del sistema?

Para usar VIVE, la computadora debe cumplir con los siguientes requisitos del sistema.

Para averiguar si la computadora está lista para la VR, descargue y ejecute la [Revisión de compatibilidad rápida de Vive](#).

Componente	Requisitos del sistema recomendados	Requisitos mínimos del sistema
Procesador	Intel® Core™ i5-4590/equivalente a AMD FX™ 8350 o superior	Intel Core i5-4590/equivalente a AMD FX 8350 o superior
GPU	NVIDIA® GeForce® GTX 1060, equivalente a AMD Radeon™ RX 480 o superior	NVIDIA GeForce GTX 970, equivalente a AMD Radeon R9 290 o superior
Memoria	4 GB en RAM o más	4 GB en RAM o más
Salida de video	HDMI 1.4, DisplayPort™ 1.2 o más reciente	HDMI 1.4, DisplayPort 1.2 o más reciente
Puerto USB	1 USB 2.0 o más reciente	1 USB 2.0 o más reciente
Sistema operativo	Windows® 7 SP1, Windows 8.1 o posterior, Windows 10	Windows 7 SP1, Windows 8.1 o posterior, Windows 10

Casco y Link Box

Casco

Acerca del VIVE casco

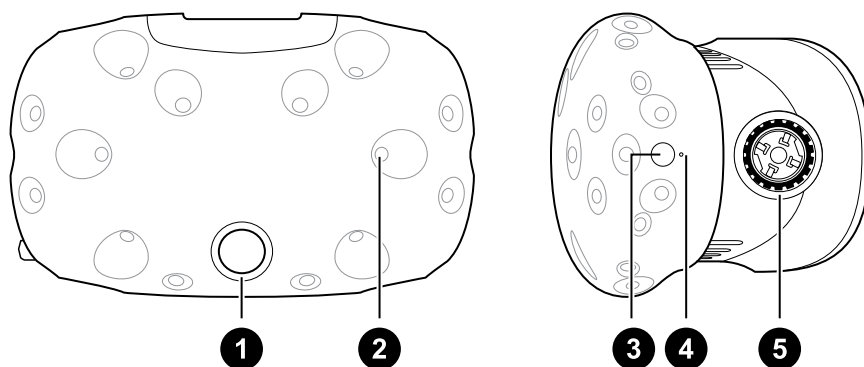
El casco es su ventana al entorno de VR.

El casco cuenta con sensores que realizan el seguimiento mediante las estaciones base.



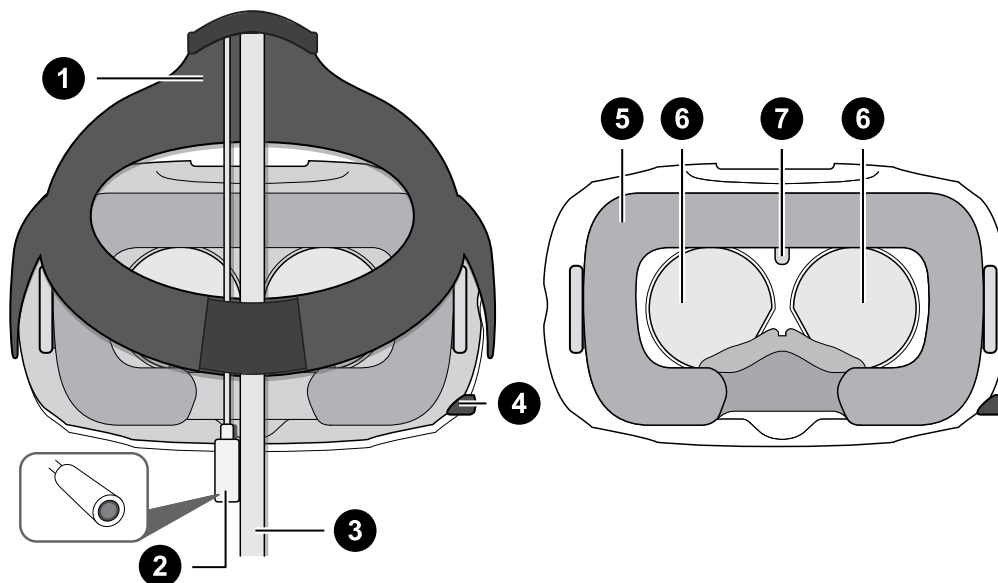
Los sensores en el casco son delicados. No cubra ni raye las lentes de los sensores, incluido el sensor de proximidad.

Parte frontal y lateral



- | | |
|---|---|
| 1 | Lentes de la cámara |
| 2 | Sensor de seguimiento |
| 3 | Botón de casco |
| 4 | Luz de estado |
| 5 | Perilla para control de distancia del lente |

Parte posterior



1 Sujeción estándar

2 Cable de audio

3 Cable 3 en 1

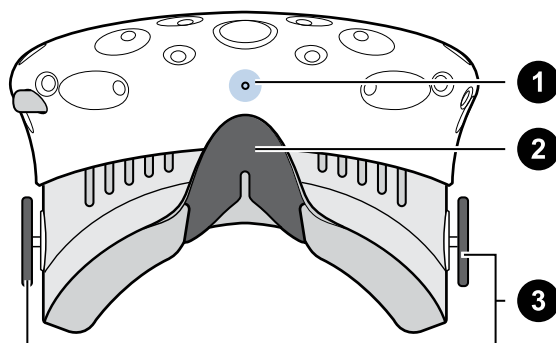
4 Perilla de IPD (distancia interpupilar)

5 Almohadillas de contacto facial

6 Lentes

7 Sensor de proximidad

Parte inferior



1 Micrófono

2 Apoyo nasal

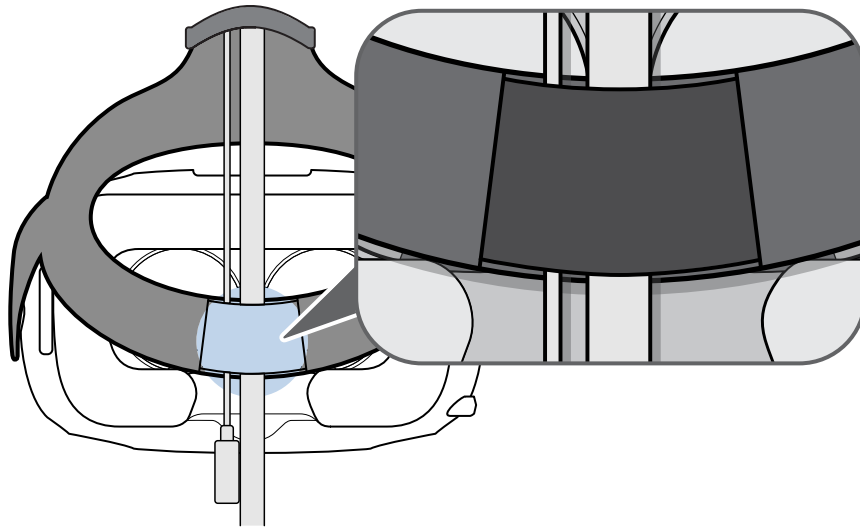
3 Perillas para control de distancia del lente

Colocarse el casco



Antes de colocarse el casco, asegúrese de haber retirado la película protectora de las lentes.

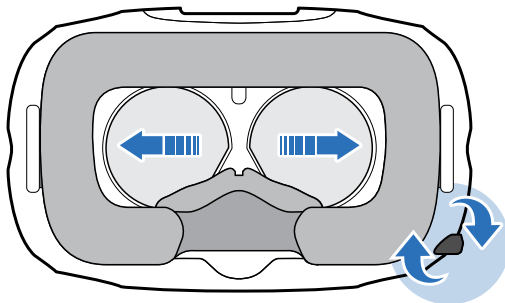
1. Baje el casco sobre los ojos.
2. Deslice la sujeción estándar alrededor de la parte posterior de la cabeza y ajústela de manera que el casco encaje perfecta y cómodamente.
3. Asegúrese de que los cables pasen a través del pasacables en la parte posterior del casco y que se ubiquen hacia abajo por la espalda.



Usar la perilla IPD en el casco

La distancia interpupilar (IPD, por sus siglas en inglés) es la distancia comprendida entre los centros de la pupilas en cada ojo. Una manera rápida de realizar un cálculo aproximado consiste en sostener una regla milimetrada contra su ceja mientras se mira en el espejo. Use esta medida como guía para ajustar la distancia entre las lentes del casco para que tenga una mejor experiencia de visualización.

Para cambiar la distancia entre las lentes, gire la perilla de IPD.



A medida que ajusta la IPD, verá información en el casco que le indicará la distancia actual comprendida entre los centros de las lentes.

¿Puedo utilizar mis anteojos recetados mientras uso VIVE?

La mayoría de los anteojos encajan perfectamente dentro del casco. Si lleva anteojos recetados de gran tamaño, ajuste las perillas para control de distancia de lentes para aumentar el espacio en el casco.



Asegúrese de que ninguna parte de los anteojos raye las lentes del casco.

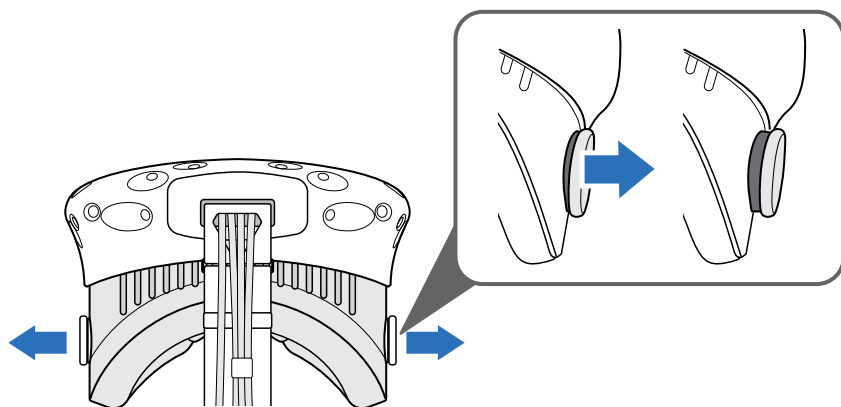
Ajustar la distancia de las lentes en el casco

Si lleva anteojos recetados de gran tamaño o tiene pestañas largas, puede que tenga que alejar aún más las lentes de su rostro. Solo aumente esta distancia en caso necesario ya que mientras más cerca estén las lentes de los ojos, mejor será su campo de visión al usar el casco.

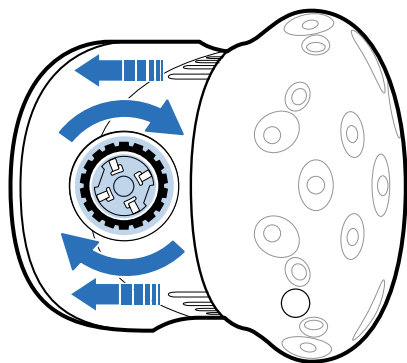


Asegúrese de que ninguna parte de los anteojos raye las lentes del casco.

1. Tire de cada perilla para control de distancia de lentes para desbloquearla.



2. Gire ambas perillas para control de distancia de lentes para alejar o acercar las lentes a la cara.

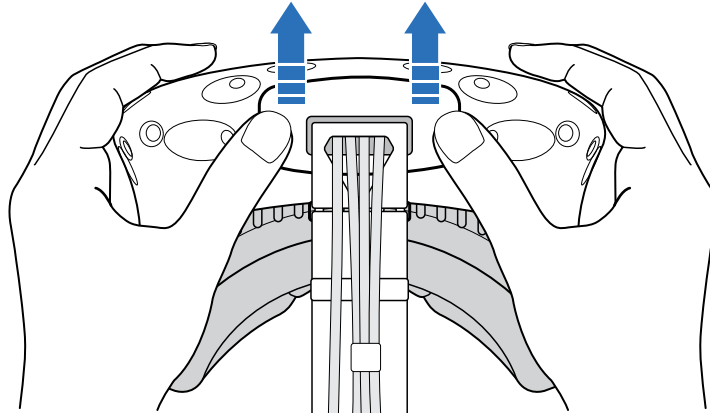


3. Tras haber realizado los ajustes, empuje cada perilla para fijarla en su sitio.

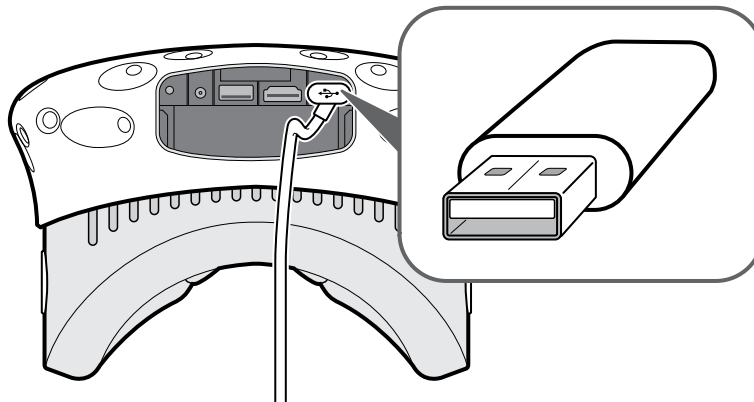
Conectar un dispositivo USB al casco

Enchufe un cable USB al casco para utilizar un dispositivo de terceros compatible con VIVE. El cable USB optimizado para VIVE es vendido por separado por HTC.

1. Presione para abrir la tapa del compartimiento y acceder a las ranuras de los conectores en el casco.



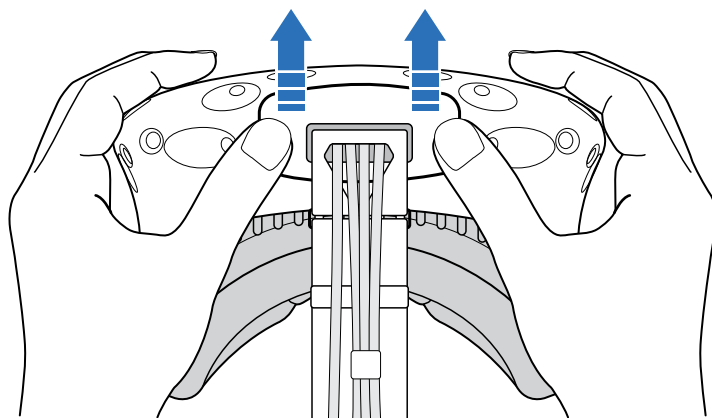
2. Enchufe el cable USB en su ranura correspondiente.



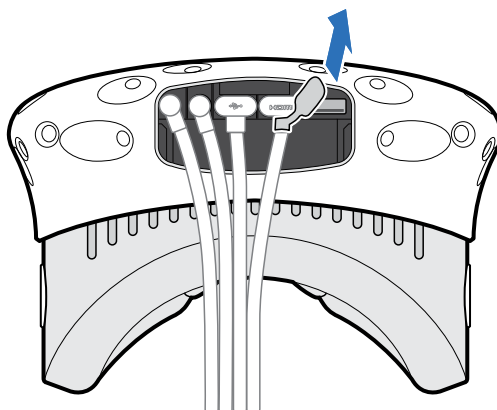
3. Conecte el dispositivo de terceros al extremo del cable USB.
4. Coloque nuevamente la tapa del compartimiento.

Desconectar el cable 3 en 1 y el cable de audio del casco

1. Presione para abrir la tapa del compartimiento y acceder a las ranuras de los conectores en el casco.



2. Tire con cuidado de la pestaña hasta que el cable HDMI esté desenchufado y luego desconecte el cable de alimentación y el cable USB junto con el cable de audio.

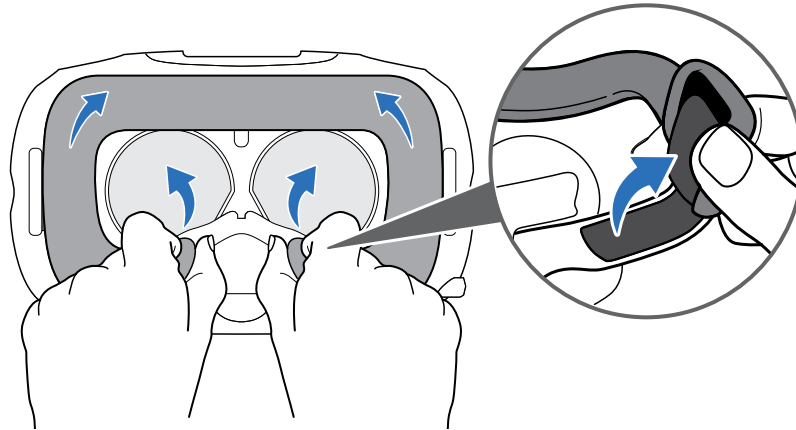


Sustituir las almohadillas de contacto facial

Si las almohadillas de contacto facial fijadas son demasiado anchas para usted, sustitúyalas por las almohadillas alternativas (estrechas) incluidas en el paquete.

Además, también debe quitar las almohadillas de contacto facial para limpiarlas. Para mayor información, consulte [Limpiar las almohadillas de contacto facial](#) en página 35.

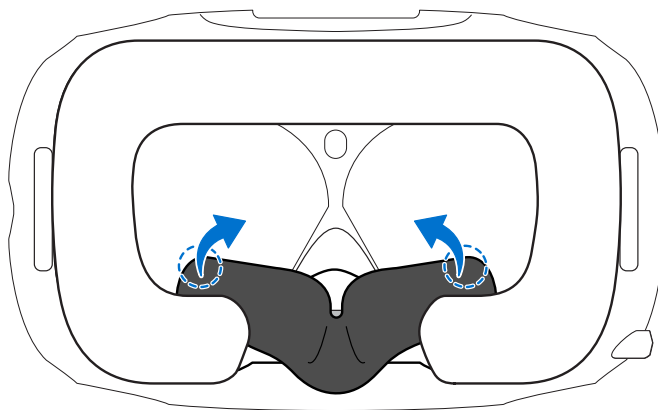
1. Para quitar las almohadillas de contacto facial, despréndalas desde ambos extremos de las mismas hasta que se separen del casco.



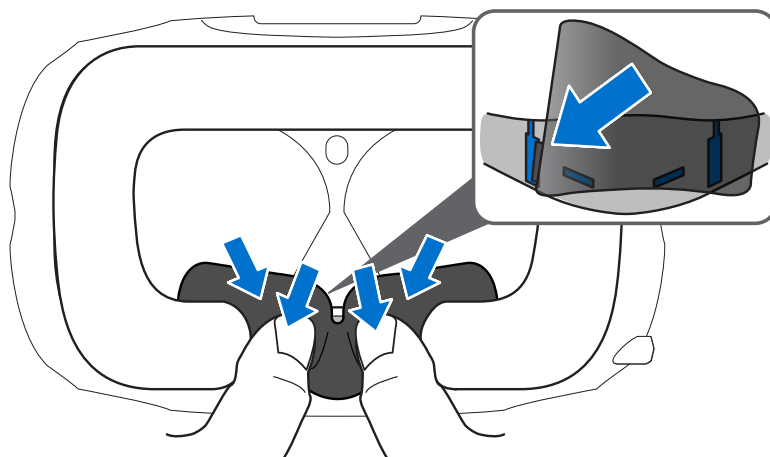
2. Para reemplazar las almohadillas de contacto facial, debe insertar la lengüeta en las almohadillas dentro de la ranura del casco y luego debe alinear las cintas de velcro.

Sustituir el apoyo nasal

1. Para quitar el apoyo nasal, desprendas las aletas del apoyo nasal hasta que se separe del casco.

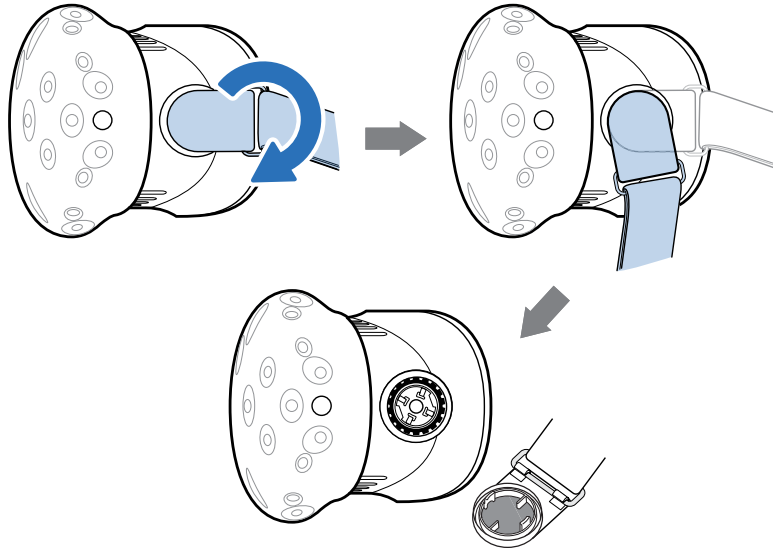


2. Para sustituir el apoyo nasal, presione las lengüetas en las ranuras correspondientes en el casco. Asegúrese de que el apoyo nasal quede fijo y las aletas se encuentren detrás de las almohadillas de contacto facial.

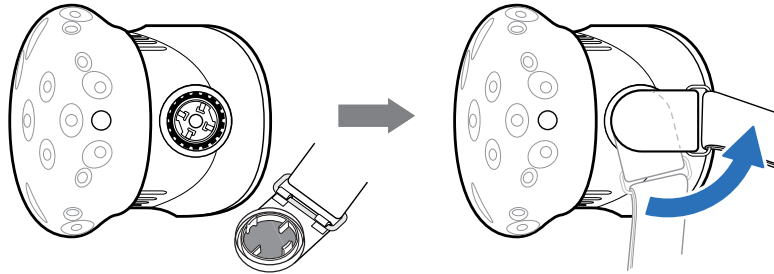


Volver a colocar la hebilla del casco

- Para desprender la hebilla, gírela hacia abajo. Escuchará un clic cuando se libere la hebilla.



- Para volver a fijar la hebilla, con la sujeción colgando hacia abajo, alinee la hebilla con el conector y luego gírela hacia arriba. Escuchará un clic cuando la hebilla se fije en su lugar.



Actualizar el firmware del casco

- En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
- Si ve el icono , desplace el mouse sobre este para verificar si el firmware está desactualizado. En caso afirmativo, haga clic en **Actualizar el firmware del casco**.

La actualización de firmware se iniciará de forma automática.



No debe desconectar ningún cable del casco, la Link Box ni la computadora en ningún momento antes de completar la actualización del firmware. Si lo hace, se podría producir un error de firmware.

- Cuando se haya completado la actualización, haga clic en **Listo**.

¿Qué significa la luz de estado en el casco?

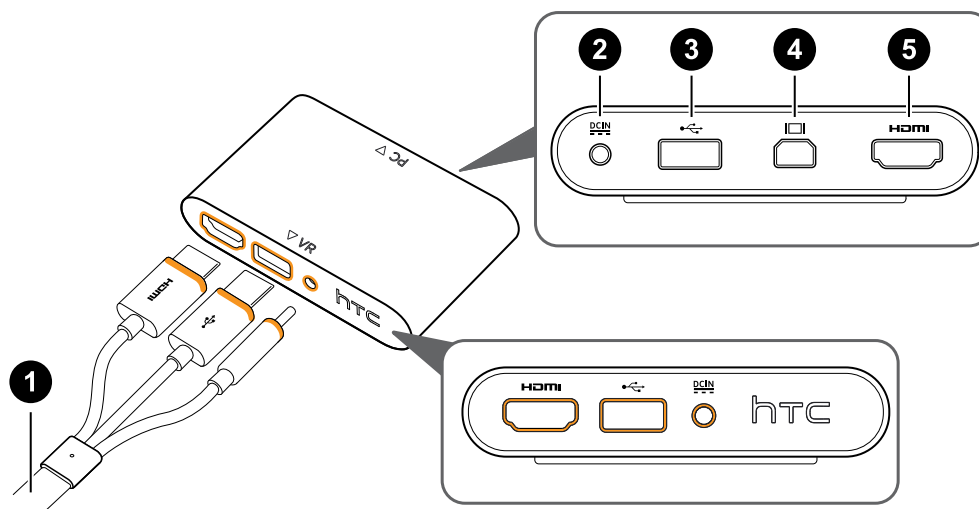
La luz de estado se muestra en color:

- Verde cuando el casco están en modo normal
- Verde tenue cuando el casco está en modo de espera
- Rojo cuando se detecta un error (con los cables, la pantalla, etc.)

Link Box

Acerca de la Link Box (caja de conexiones)

Use la Link Box para conectar el casco a su computadora.



1 Cable 3 en 1

2 Puerto de alimentación

3 Puerto USB

4 Mini DisplayPort™

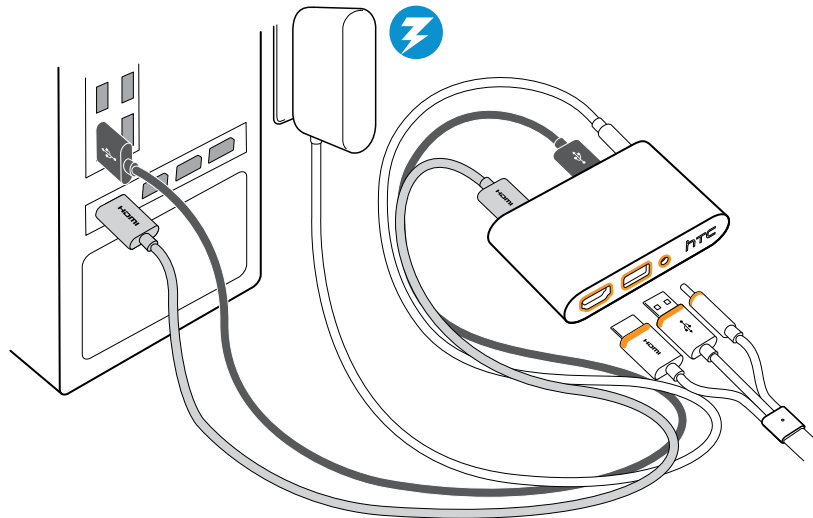
Nota: El cable no es suministrado. Utilice si su computadora no cuenta con un puerto HDMI libre o no admite HDMI.

5 Puerto HDMI

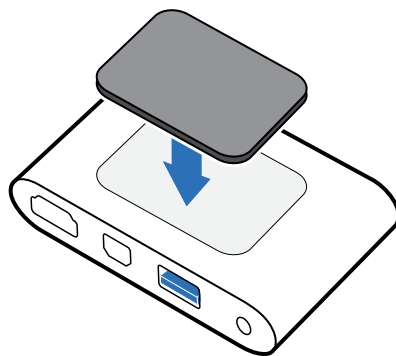
Conectar el casco a su computadora

1. Conecte el cable del adaptador de alimentación al puerto correspondiente en la Link Box (caja de conexiones) y luego enchufe el extremo opuesto en la toma eléctrica para encender la Link Box.
2. Inserte el cable HDMI en el puerto HDMI en la Link Box y luego inserte el extremo opuesto en el puerto HDMI de la tarjeta gráfica de la computadora.

3. Inserte el cable USB en el puerto USB en la Link Box y luego inserte el extremo opuesto en el puerto USB de la computadora.
4. Conecte los cables 3 en 1 del casco (HDMI, USB y alimentación) en el lado con los ribetes de color naranja en la Link Box.



5. Para fijar la Link Box en una posición estable, despegue las cubiertas de la almohadilla de montaje y presione firmemente un lado de la superficie adhesiva en la parte inferior de la Link Box y luego coloque la Link Box en el área donde desea instalarla.



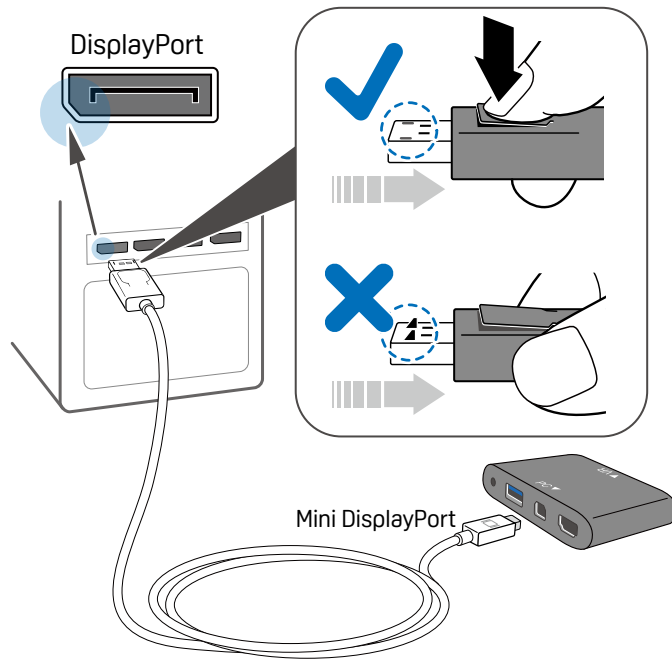
¿Cuándo debo utilizar el Mini DisplayPort en la Link Box?

Si su computadora no cuenta con un puerto HDMI libre o no admite HDMI, puede usar un cable Mini DisplayPort™ para conectar Vive a la PC.



No se proporciona el cable de Mini DisplayPort y debe adquirirse por separado.

Conecte el extremo del cable de Mini DisplayPort a la Link Box y luego enchufe el extremo opuesto de DisplayPort en la tarjeta gráfica de la computadora.



Reiniciar la Link Box

Si necesita reiniciar la Link Box, siga estos pasos.

1. Cierre todas las aplicaciones de Steam en la computadora, incluida la aplicación de SteamVR.
2. Desenchufe los cables de alimentación y USB del lado de la PC (sin los ribetes de color naranja) de la Link Box.
3. Espere unos segundos y vuelva a enchufar los cables de alimentación y USB. En la computadora, es posible que vea una notificación en la que se indique que se están instalando los controladores. Espere hasta que finalice la instalación.
4. Para verificar que el hardware de VIVE ha sido detectado, reinicie SteamVR en la computadora.

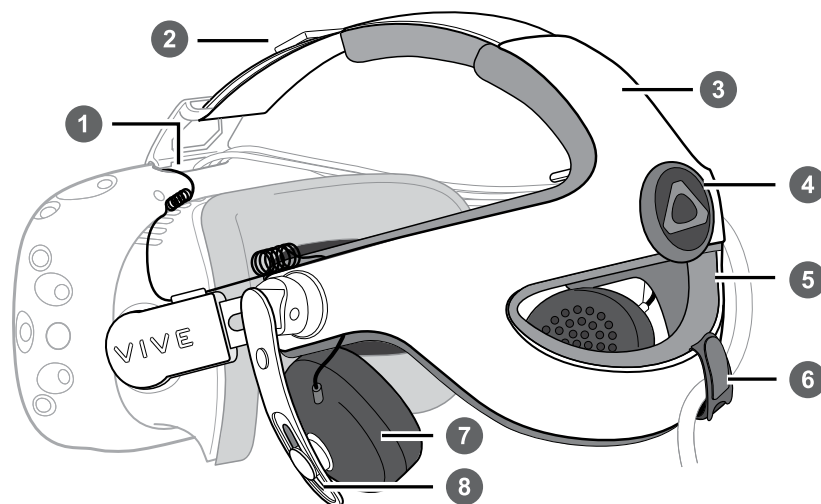
Sujeción Deluxe con audio

Acerca de la Sujeción Deluxe de Vive con audio

Utilice la Sujeción Deluxe de Vive con audio para disfrutar del sistema de VR VIVE con calidad de sonido desde los auriculares integrados. Además, ofrece una mejor adaptabilidad y una mayor comodidad al colocarse el casco.



La Sujeción Deluxe de Vive con audio viene equipada con la Vive Business Edition (edición comercial). Se puede adquirir el accesorio por separado desde www.vive.com/product/.



1	Conector del cable de audio
2	Banda de velcro
3	Carcasa externa
4	Dial de ajuste
5	Almohadillas
6	Sujeta cables de velcro
7	Auricular
8	Ajuste de altura del auricular

Cómo conectar la Sujeción Deluxe de Vive con audio al casco

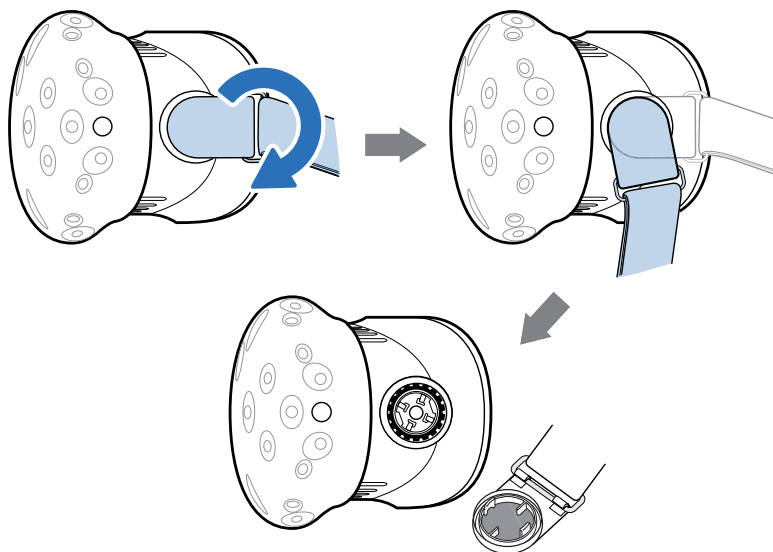


La Sujeción Deluxe de Vive con audio viene equipada con la Vive Business Edition (edición comercial). Se puede adquirir el accesorio por separado desde www.vive.com/product/.

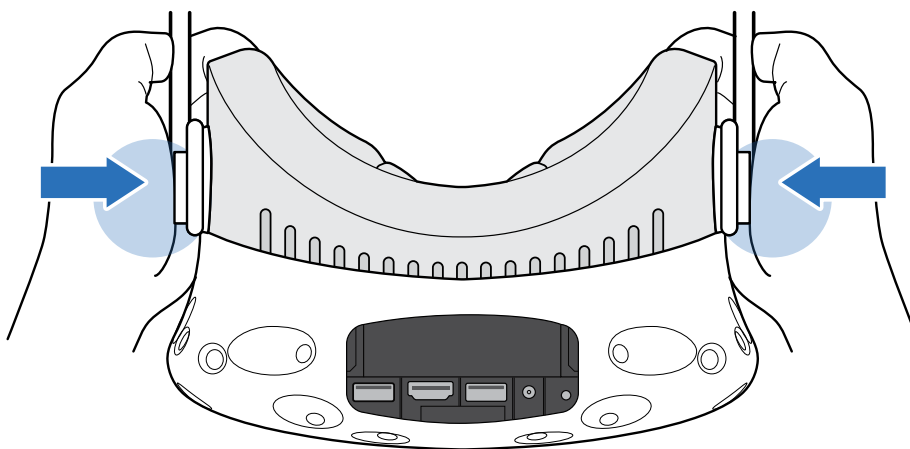


Asegúrese de haber quitado la tapa del compartimiento y de haber desenchufado el cable 3 en 1 junto con el cable de audio del casco. Para obtener detalles, consulte [Desconectar el cable 3 en 1](#) y [el cable de audio del casco](#) en página 12.

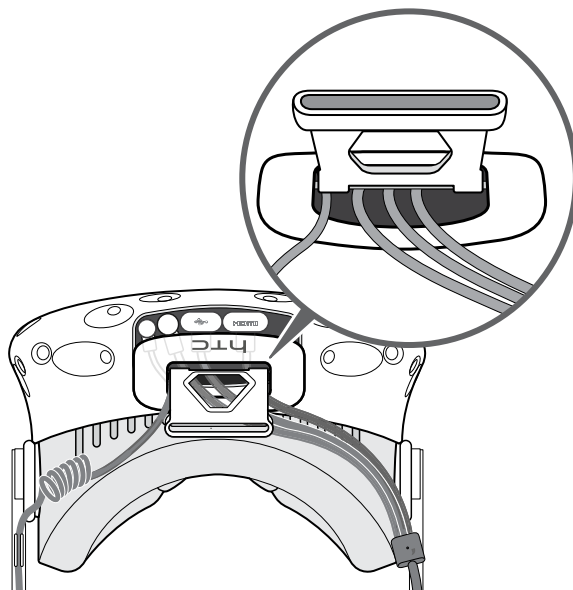
1. Gire la hebilla hacia abajo para desprender la sujeción estándar y la hebilla. Escuchará un clic cuando se libere la hebilla.



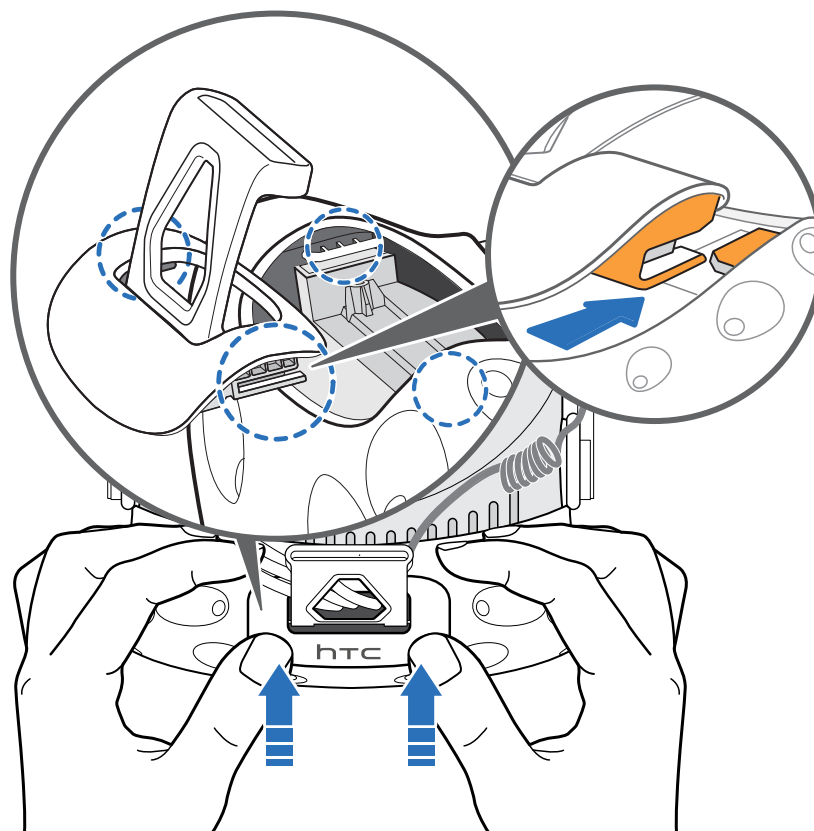
2. Presione las hebillas de la Sujeción Deluxe de Vive con audio sobre los conectores del casco con las palmas de las manos hasta escuchar un clic para fijarlas en su lugar.



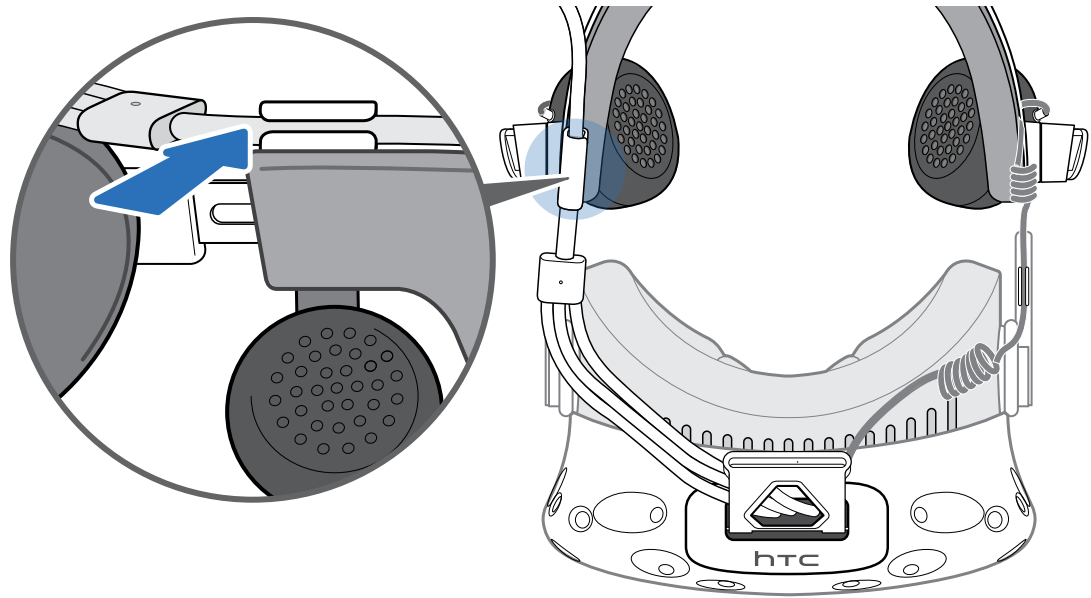
3. Introduzca el cable 3 en 1 y el cable de audio de la sujeción por el orificio para cables en la tapa del compartimiento (no por el orificio en el logotipo de VIVE). Conecte los cables a las ranuras correspondientes del compartimento del casco.



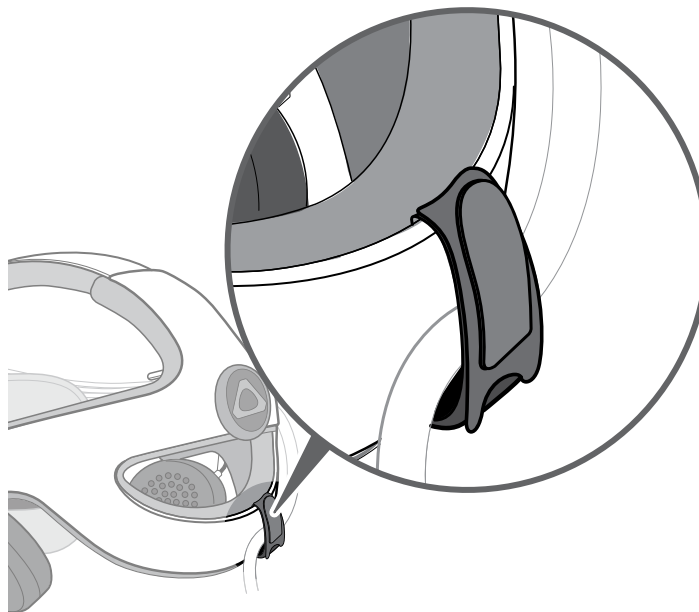
4. Para volver a colocar la tapa del compartimiento, alinee el borde en la tapa con las lengüetas del compartimiento y luego empuje la tapa hasta que encaje en su lugar.



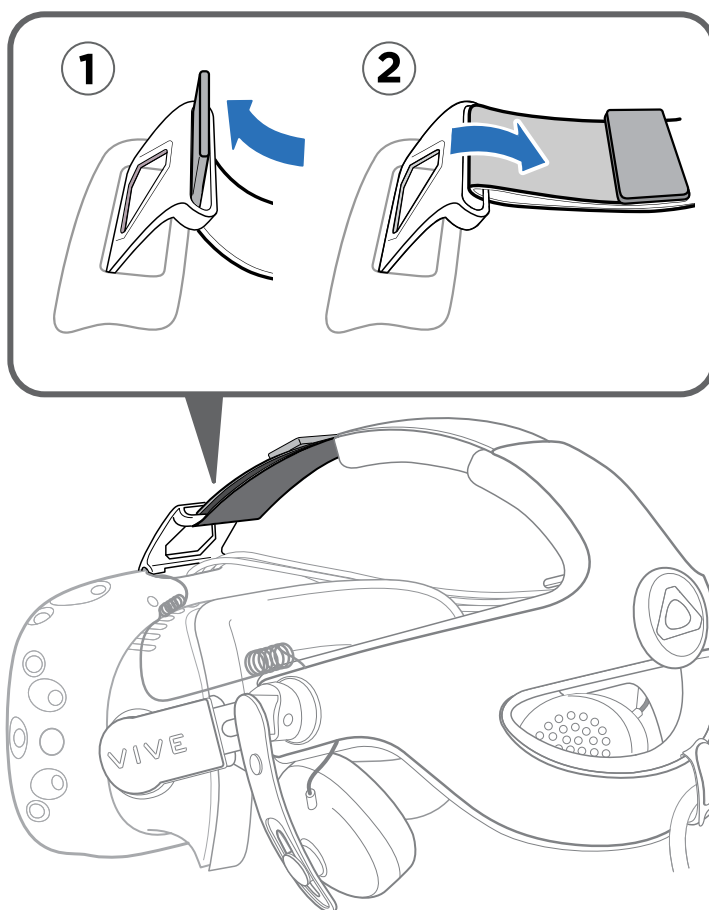
5. Fije el cable 3 en 1 en su lugar en el clip situado en el lado derecho de la sujeción.



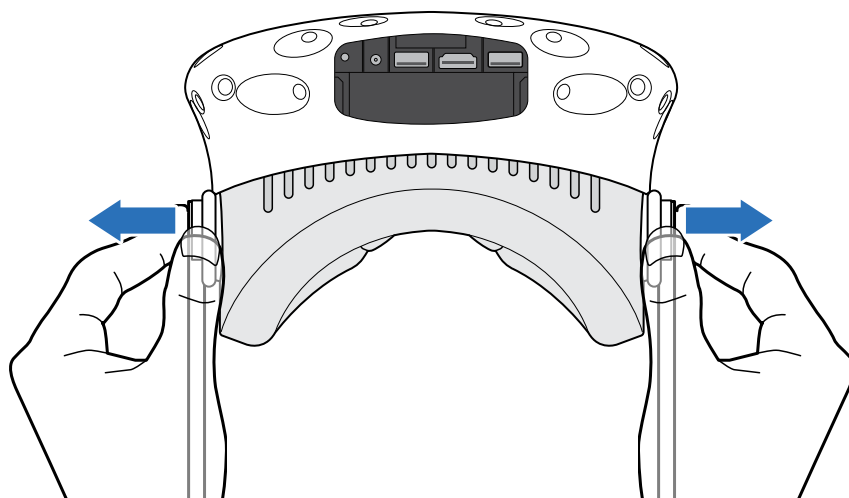
6. Fije la parte posterior adherente del sujeta cables de velcro (que se incluye en el paquete) debajo de la almohadilla (lado derecho). Pase el sujeta cables alrededor del cable 3 en 1 y luego fíjelo en su lugar.



7. Introduzca la banda de velcro de la sujeción en la traba de la banda de la tapa del compartimiento y luego fíjela en su lugar.



Para quitar la Sujeción Deluxe de Vive con audio, tire de cada una de las hebillas de la sujeción para separar la sujeción del casco.



Cómo colocarse el casco con la Sujeción Deluxe de Vive con audio

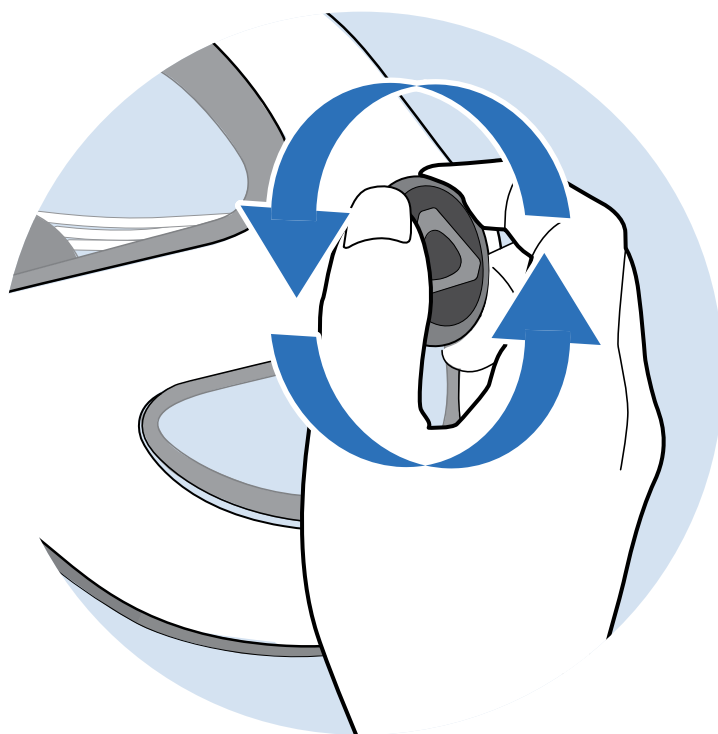


La Sujeción Deluxe de Vive con audio viene equipada con la Vive Business Edition (edición comercial). Se puede adquirir el accesorio por separado desde www.vive.com/product/.

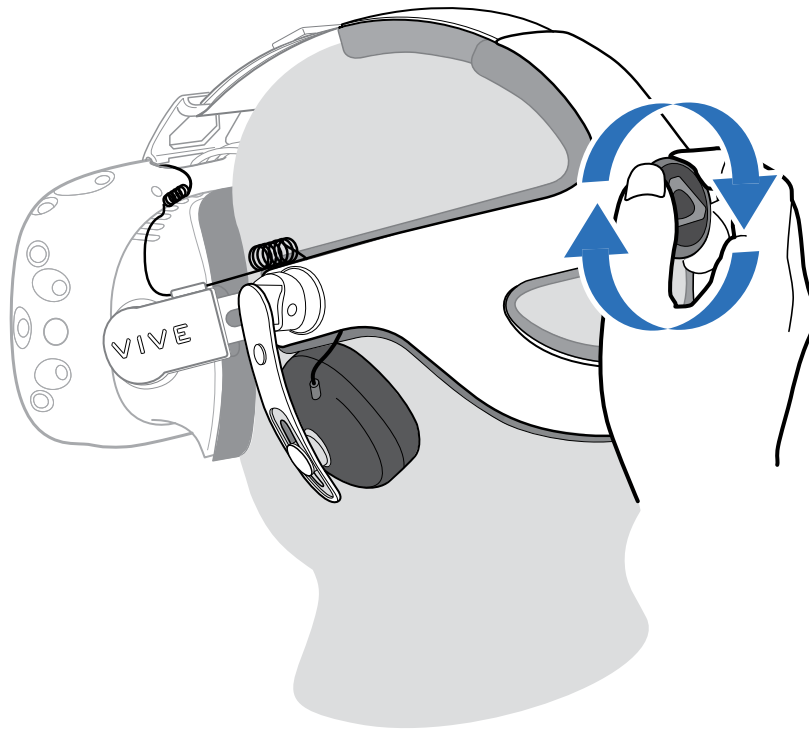


Para impedir daños en la sujeción, nunca debe forzar el dial de ajuste, ya que debería girar con facilidad a menos que se llegue al límite.

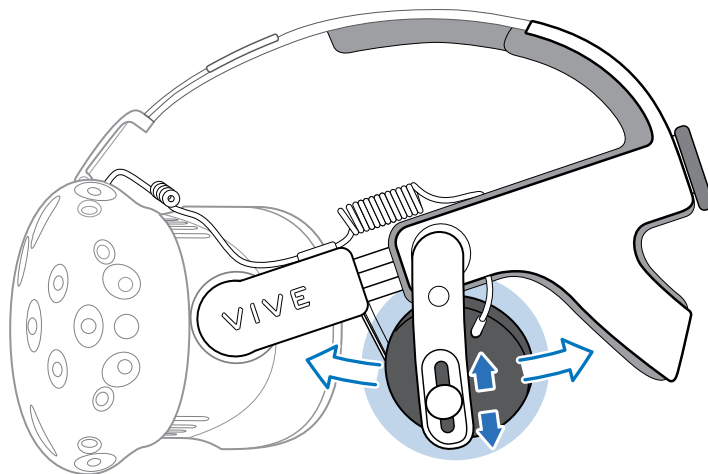
1. Antes de colocarse el casco, afloje la sujeción al girar el dial de ajuste en sentido inverso a las agujas del reloj.



2. Colóquese el casco y luego gire el dial de ajuste en sentido de las agujas del reloj hasta que le quede cómodo.



3. Tire de cada auricular hacia arriba o hacia abajo para ajustar su altura.
4. Gire los auriculares a una posición cómoda sobre la oreja y luego presione los auriculares hasta escuchar un clic para fijarlos en su lugar.



No emplee la fuerza al quitar el casco para impedir daños en la sujeción. Para quitar el casco, afloje la sujeción al girar el dial de ajuste en sentido inverso a las agujas del reloj y luego tire con cuidado del casco.

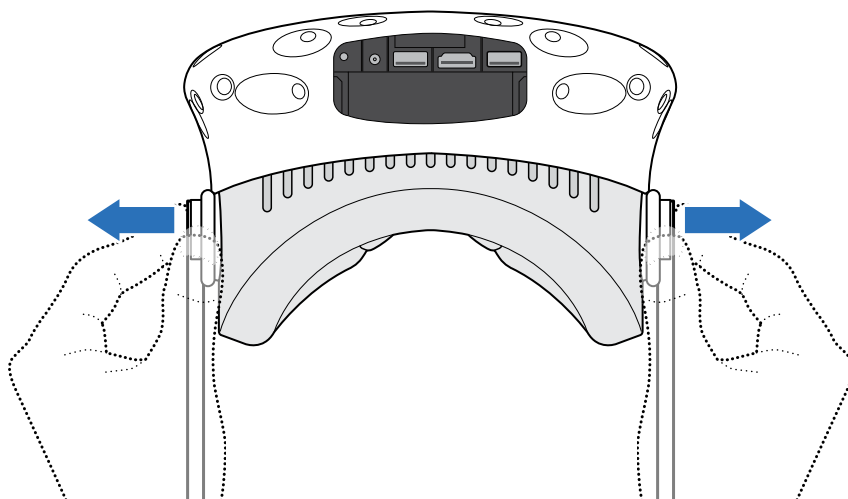
Cómo quitar los auriculares de la sujeción

Puede quitar los auriculares que se incluyen con la Sujeción Deluxe de Vive con audio si desea reemplazarlos o repararlos.

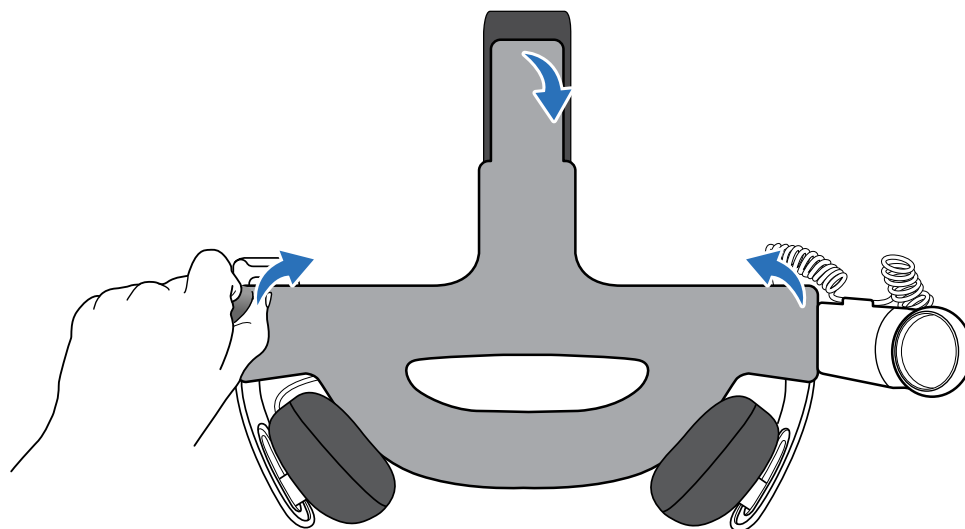


La Sujeción Deluxe de Vive con audio viene equipada con la Vive Business Edition (edición comercial). Se puede adquirir el accesorio por separado desde www.vive.com/product/.

1. Tire de cada una de las hebillas de la sujeción para separarla del casco.



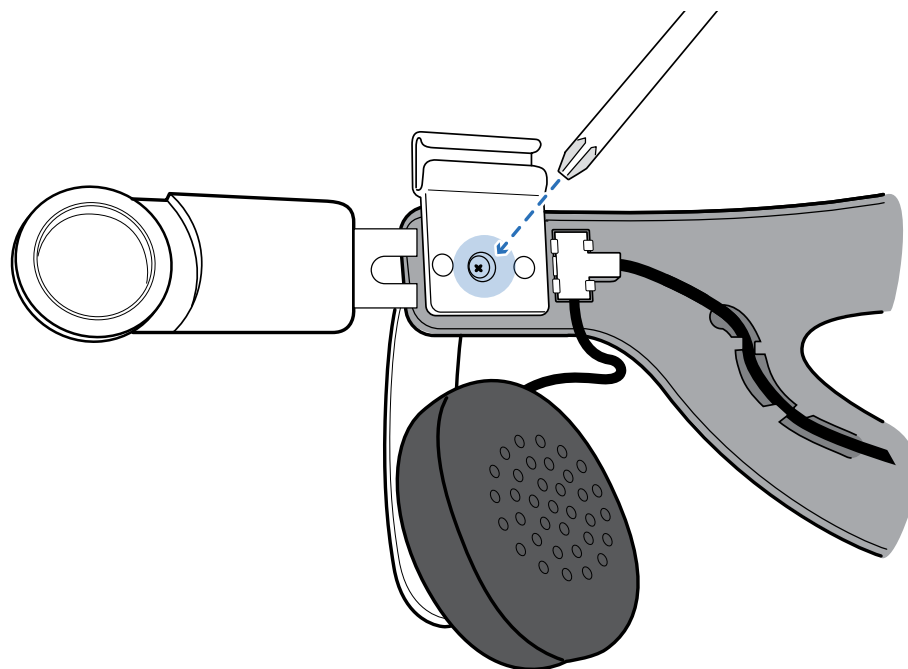
2. Retire las almohadillas hasta que se separen de la Sujeción Deluxe de Vive con audio.



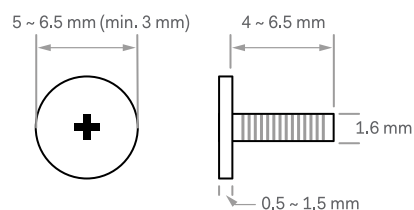
3. Retire el tornillo del centro que sujeta cada auricular.



Recuerde guardar los tornillos en un lugar seguro. Para el reemplazo, encontrará un paquete de tornillos adicionales que se incluye en el paquete.

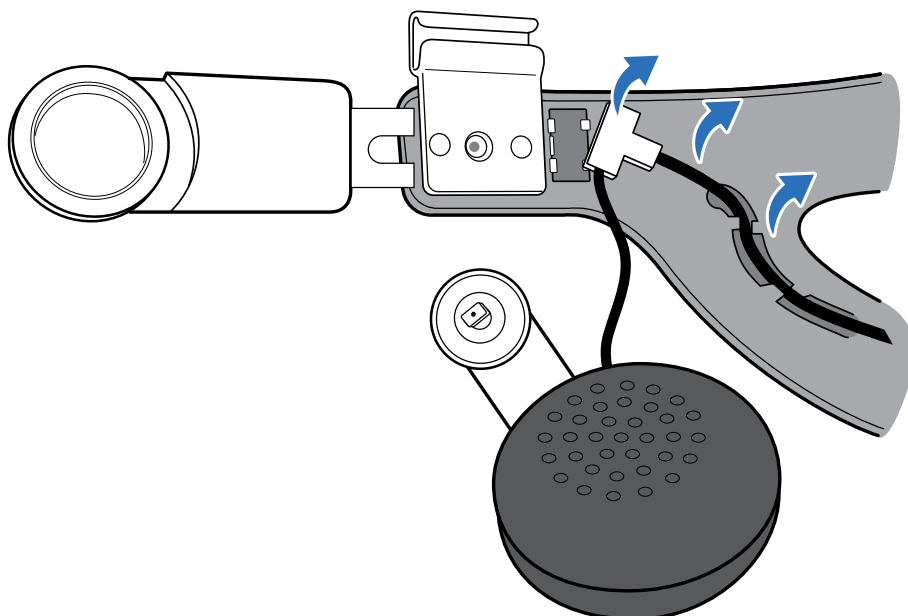


Tipo de destornillador:
Tipo "Philips"
o estrella
PH00x40



Nombre del tornillo: Tornillo de cabeza plana Phillips

4. Tire con cuidado de los cables que conectan los auriculares desde la sujeción.

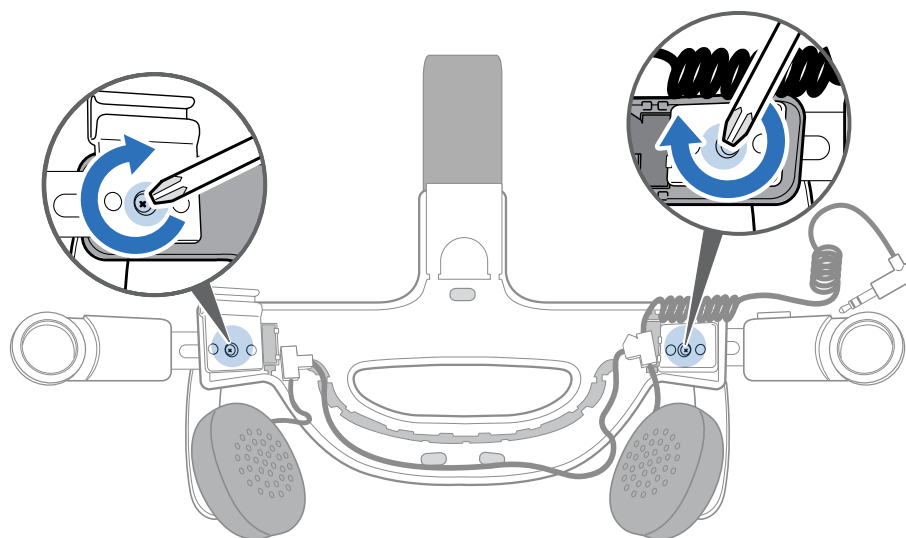


Reemplazo de los auriculares en la sujeción

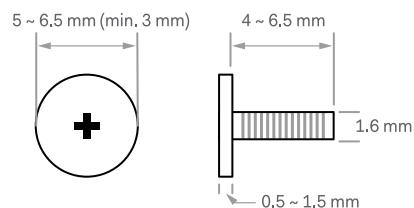


La Sujeción Deluxe de Vive con audio viene equipada con la Vive Business Edition (edición comercial). Se puede adquirir el accesorio por separado desde www.vive.com/product/.

1. Coloque los auriculares y atorníllelos en su lugar para sujetarlos a la Sujeción Deluxe de Vive con audio.

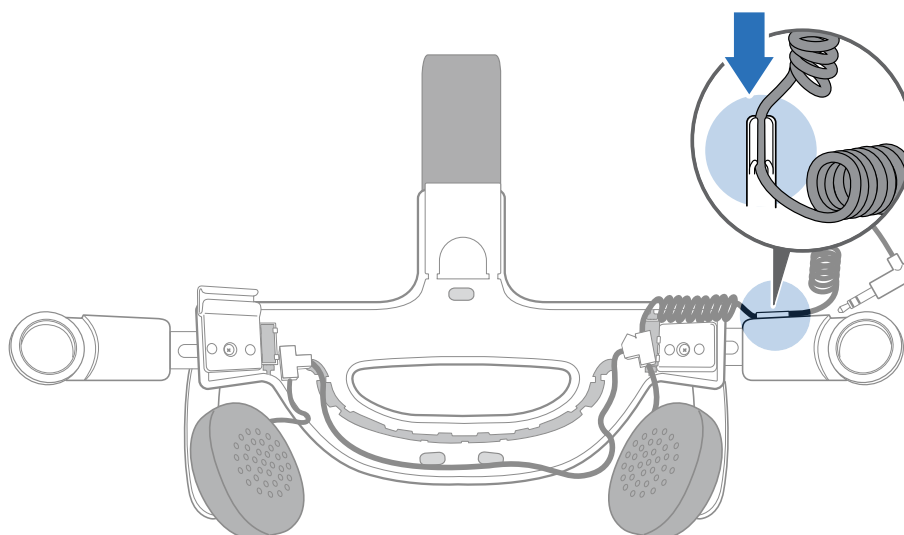


Tipo de destornillador:
Tipo "Philips"
o estrella
PH00x40

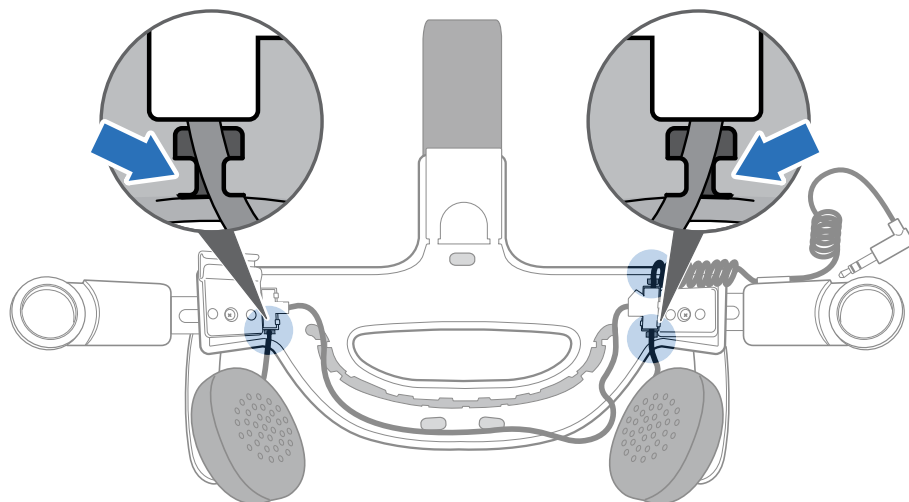


Nombre del tornillo: Tornillo de cabeza plana Phillips

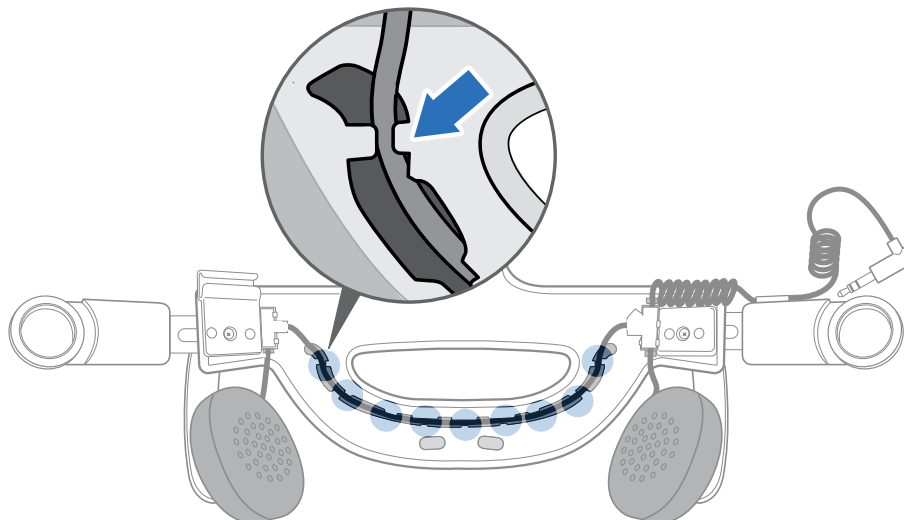
2. Fije el cable del auricular en su lugar en el clip situado en el lado izquierdo de la sujeción.



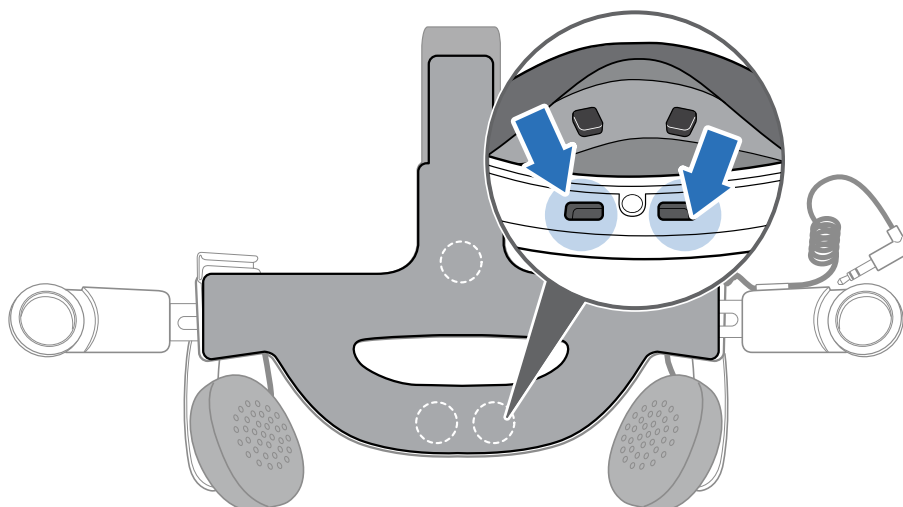
3. Presione los soportes de plástico dentro de las ranuras correspondientes y luego fije el cable del auricular en su lugar en ambos extremos de la sujeción.



4. Alinee e inserte el cable de los auriculares por los clips en la base de la sujeción.



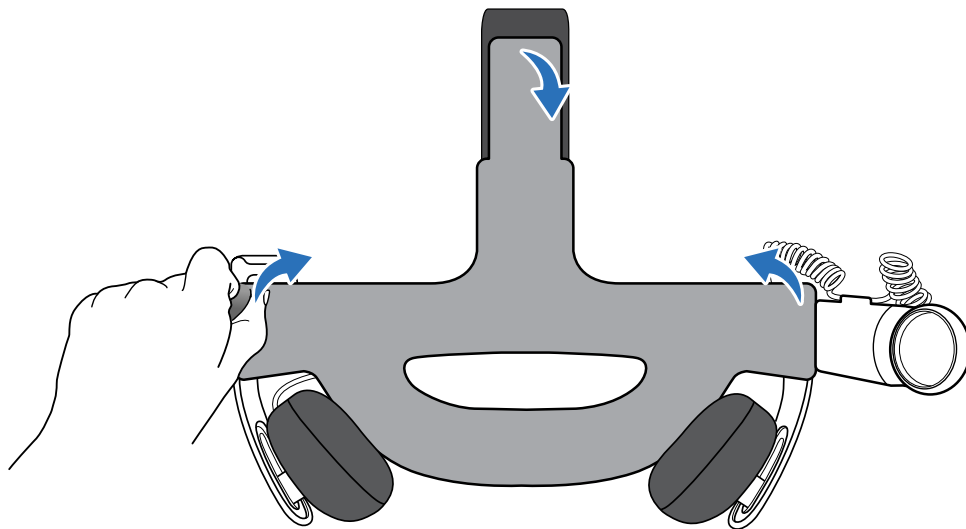
5. Vuelva a fijar las almohadillas. Debe insertar las lengüetas en las almohadillas dentro de las ranuras en la base de la sujeción.



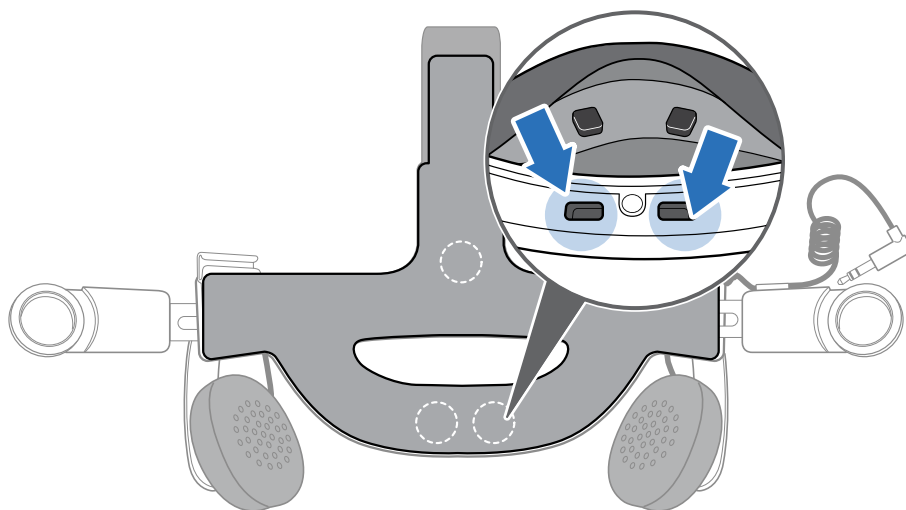
Volver a colocar las almohadillas de la Sujeción Deluxe de Vive con audio

Debe quitar las almohadillas de la Sujeción Deluxe de Vive con audio para limpiarlas. Para obtener más información, consulte [Limpiar las almohadillas de la Sujeción Deluxe de Vive con audio](#) en página 33.

- Para quitar las almohadillas, despréndalas hasta que se separen de la Sujeción Deluxe de Vive con audio.



- Para volver a colocar las almohadillas, debe insertar las lengüetas en las almohadillas dentro de las ranuras en la base de la Sujeción Deluxe de Vive con audio.



Limpiar las almohadillas de la Sujeción Deluxe de Vive con audio

1. Antes de limpiar las almohadillas, primero debe quitarlas de la Sujeción Deluxe de Vive con audio. Para obtener más información, consulte [Volver a colocar las almohadillas de la Sujeción Deluxe de Vive con audio](#) en página 32.
2. Al limpiar las almohadillas, recuerde:
 - Humedecer un paño suave y limpio con agua fría y limpiar suavemente la zona deseada.
 - Dejar secar al aire, a temperatura ambiente. No secar en secadora, planchar ni exponer a luz solar directa.
 - No fregar, retorcer ni utilizar blanqueador.
 - No sumergir ni remojar en agua.



Si las almohadillas están húmedas, solo haga lo siguiente:

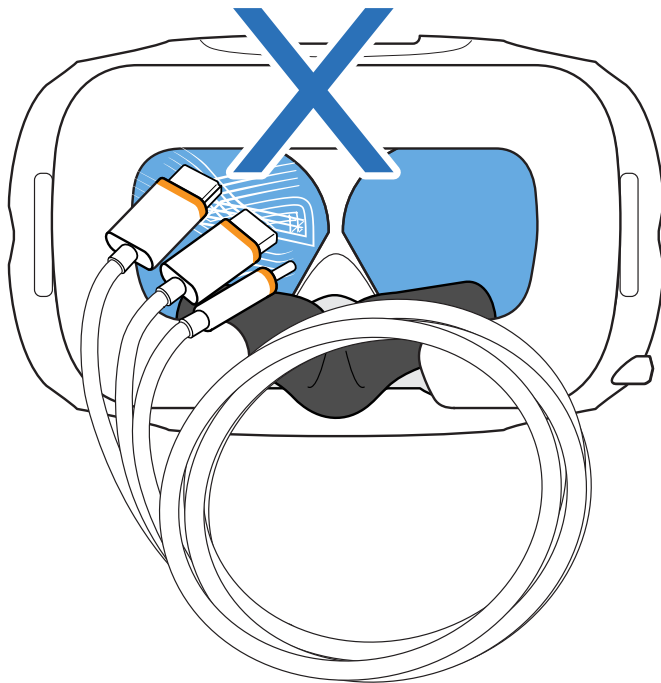
- Dejar secar al aire, a temperatura ambiente. No secar en secadora, planchar ni exponer a luz solar directa.
- No fregar, retorcer ni utilizar blanqueador.

Cuidados y reparaciones del producto

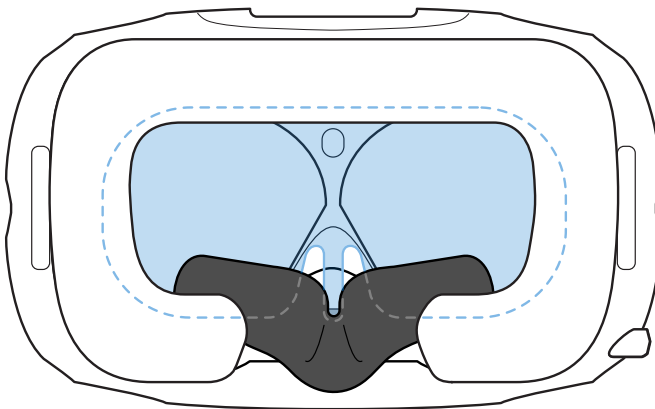
Cuidados de su VIVE

Siga estos consejos para garantizar el cuidado adecuado de su VIVE.

- Mantenga las lentes del casco alejadas de objetos afilados, incluidas las puntas de cables. Esto protegerá las lentes del casco contra rasguños.



- Cuando no se utilice, conserve el casco con las lentes apuntando lejos de radiaciones solares directas. De no hacerlo, se puede dañar la pantalla del casco.
- Al guardar el casco, se recomienda cubrir las lentes con una película protectora para protegerlas contra rasguños accidentales.



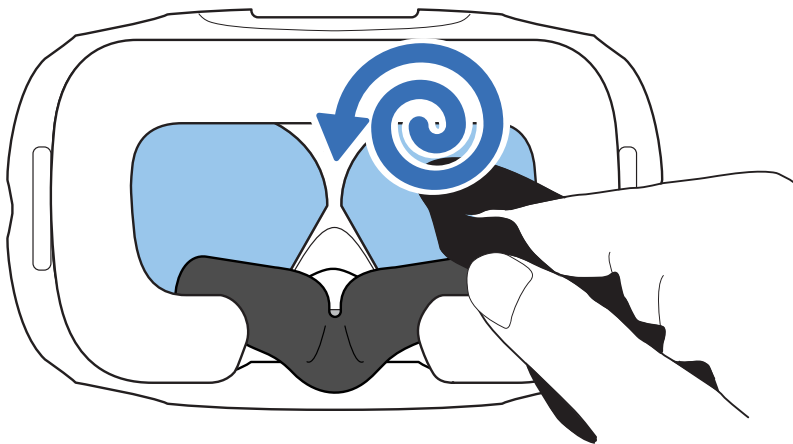
Limpiar las almohadillas de contacto facial

1. Antes de limpiar las almohadillas de contacto facial, primero debe quitarlas del casco. Para mayor información, consulte [Sustituir las almohadillas de contacto facial](#) en página 13.
2. Al limpiar las almohadillas de contacto facial, recuerde:
 - Humedecer un paño suave y limpio con agua fría y limpiar suavemente la zona deseada.
 - Dejar secar al aire, a temperatura ambiente. No secar en secadora, planchar ni exponer a luz solar directa.
 - No fregar, retorcer ni utilizar blanqueador.
 - No sumergir ni remojar en agua.

Limpiar las lentes del casco

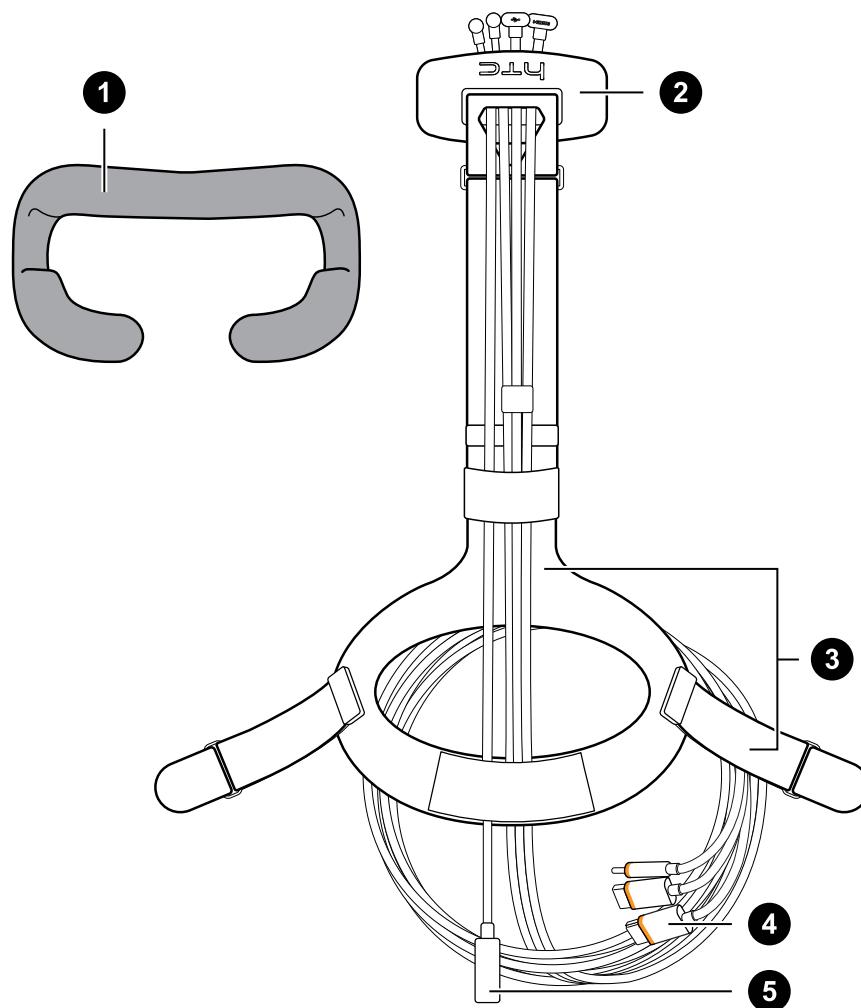
1. Utilice el paño de limpieza suministrado en la caja para limpiar las lentes.
2. Humedezca el paño de limpieza con alcohol o limpiador de lentes.
3. Limpie en un movimiento circular desde el centro hacia los bordes exteriores de las lentes.

Mientras limpia las lentes, no las raye ni desarme otras partes del casco.



¿Cómo debo preparar el casco si lo estoy por enviar para su reparación?

Antes de enviar el casco para su reparación, quite los siguientes accesorios y guárdelos en un lugar seguro:

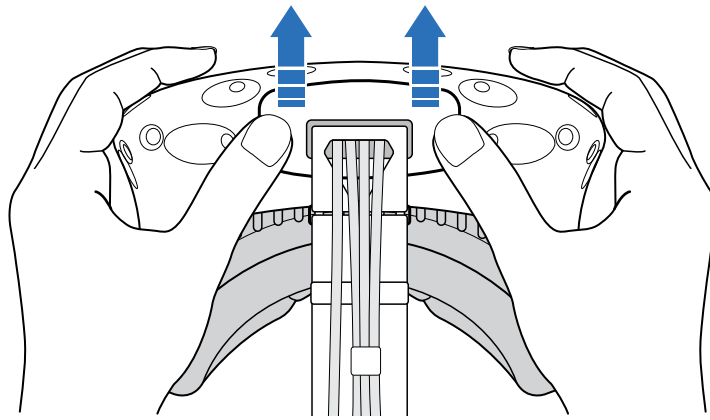


1	Almohadillas de contacto facial
2	Tapa del compartimiento
3	Sujeción estándar con hebillas
4	Cable 3 en 1
5	Cable de audio

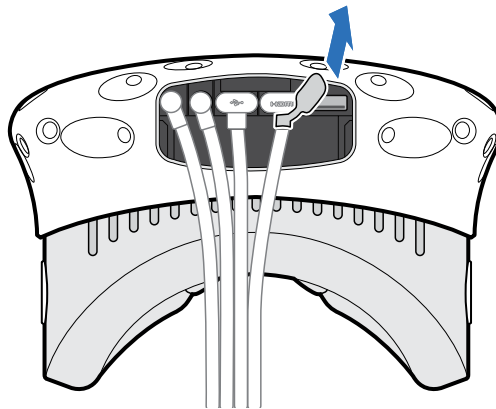
Siga estos pasos para separar los accesorios del casco de manera adecuada:

- Quite la tapa del compartimiento y desconecte el cable 3 en 1 y el cable de audio del casco.

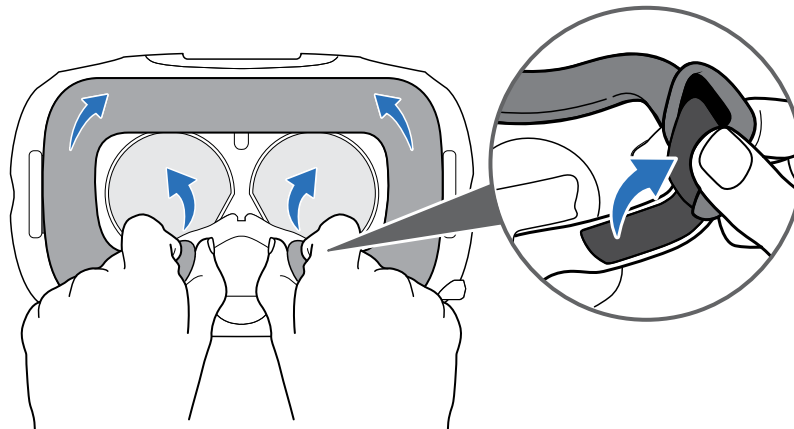
Presione para abrir la tapa del compartimiento y acceder a las ranuras de los conectores.



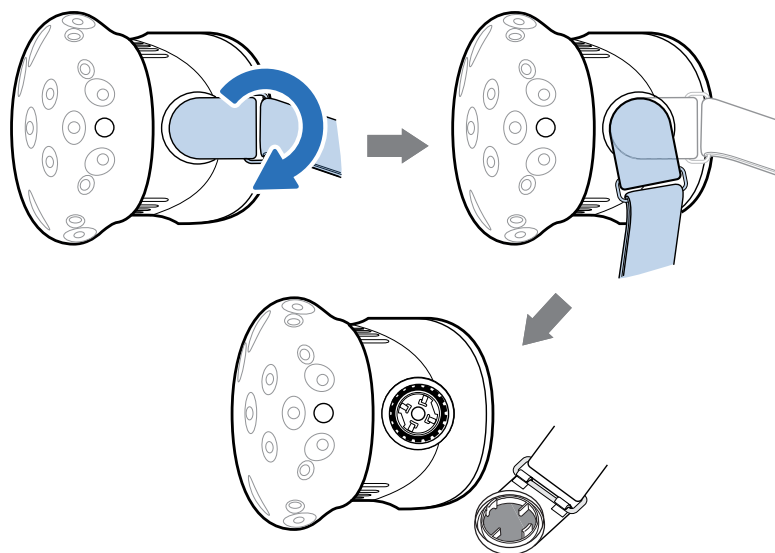
Tire con cuidado de la pestaña hasta que el cable HDMI esté desenchufado y luego desconecte el cable de alimentación y el cable USB junto con el cable de audio.



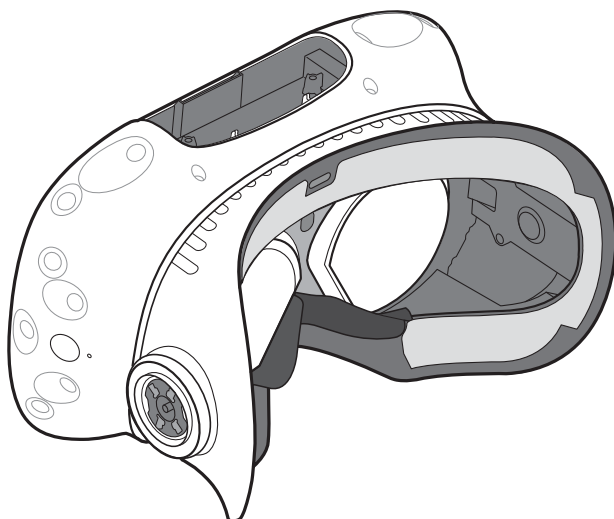
- Retire las almohadillas de contacto facial. Desprenda las almohadillas de contacto facial desde ambos extremos de estas hasta que se separen del casco.



- Retire la sujeción estándar y la hebilla del casco. Para desprender la hebilla, gírela en sentido horario. Escuchará un clic cuando se libere la hebilla.



Una vez que haya retirado los accesorios, el casco que envíe se verá como se muestra a continuación:

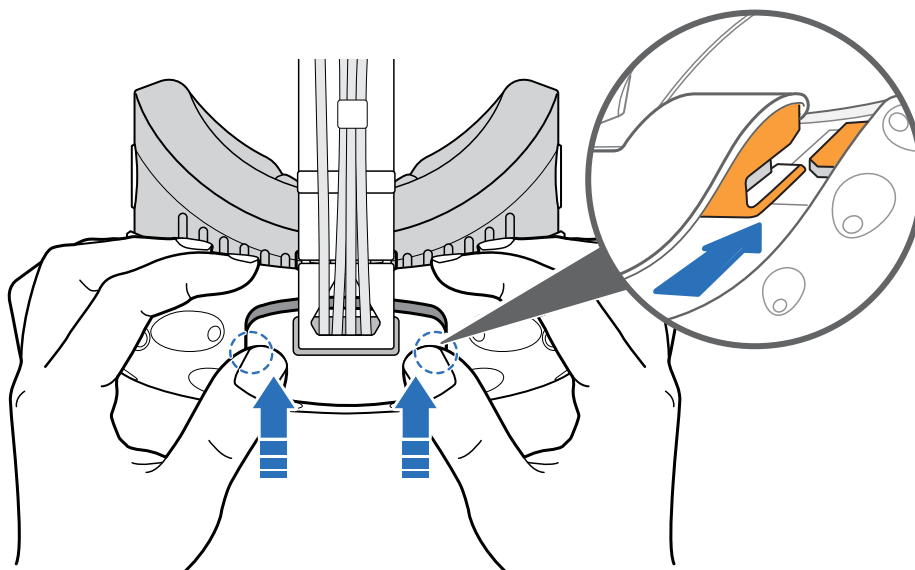


¿Cómo puedo volver a montar el casco después de la reparación?

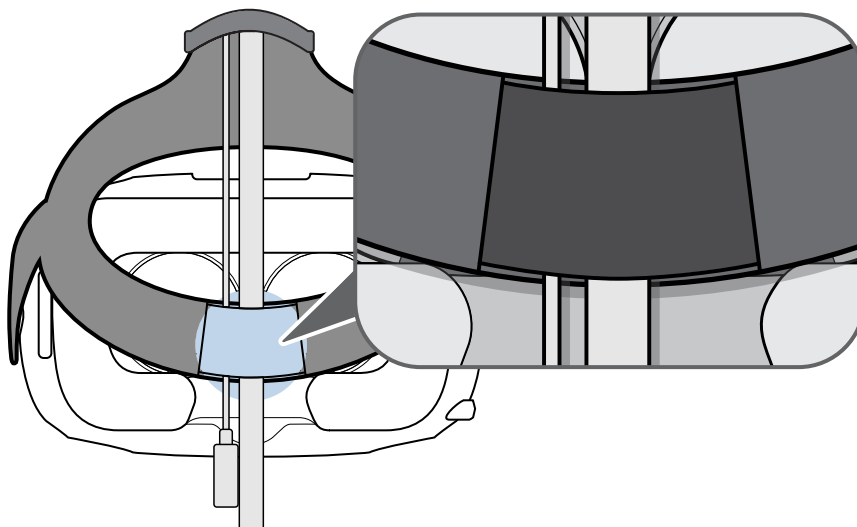
Después de haber recibido el casco reparado, fije los accesorios de manera adecuada antes de volver a utilizarlo.

- Vuelva a conectar el cable 3 en 1 y el cable de audio y vuelva a colocar la tapa del compartimiento.

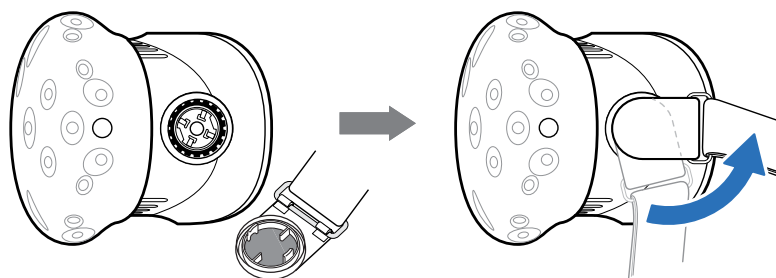
Para volver a colocar la tapa del compartimiento, alinee el borde en la tapa con las lengüetas del compartimiento y luego empuje la tapa hasta que encaje en su lugar.



Asegúrese de que los cables pasen a través del pasacables en la parte posterior del casco.



- Vuelva a fijar las almohadillas de contacto facial. Inserte la lengüeta en las almohadillas de contacto facial dentro de la ranura del casco y luego debe alinear las cintas de velcro.
- Fije la sujeción estándar y las hebillas nuevamente. Con la sujeción colgando hacia abajo, alinee la hebilla con el conector y luego en sentido inverso a las agujas del reloj. Escuchará un clic cuando la hebilla se fije en su lugar.



Resolución de problemas

¿Qué puedo hacer para solucionar problemas con el casco?

Pruebe estas sugerencias para resolución de problemas.

Opción	Descripción
Comprobar el estado del LED del casco	▪ Si el LED no está iluminado, pruebe conectar la Link Box a otra toma de corriente. ▪ Si el LED tiene un color verde tenue, el casco se encuentra en modo de espera. Para activarlo, debe mover el casco o iniciar una aplicación de VR. ▪ Si el LED está en color rojo, compruebe si hay un problema con la conexión del cable o un error con el controlador. Para obtener mayor información, puede consultar este artículo de Resolución de problemas de SteamVR.
Reiniciar el casco	1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR. 2. Haga clic en ▼ > Configuración > Desarrollador y luego asegúrese de que esté habilitado el Modo directo. 3. Haga clic con el botón derecho en el icono  y luego haga clic en Reiniciar el casco Vive. 4. Espere hasta que finalice el proceso de reinicio.
Revise las conexiones de los cables	▪ Asegúrese de que las conexiones de los cables estén perfectamente sujetas en ambos extremos. ▪ Verifique que los cables correctos estén conectados a la parte correspondiente de la Link Box (los cables de color naranja deben conectarse en el lado con los ribetes anaranjados). ▪ Conecte todos los cables de salida de video a la misma tarjeta gráfica. No conecte los cables de salida de video a los puertos de la placa madre. ▪ Si está disponible, pruebe con otro tipo de salida de video (por ejemplo, cambie HDMI a DisplayPort) de la tarjeta gráfica a la Link Box. ▪ Intente conectarse a otro puerto USB. Si está usando el puerto USB 3.0, cambie al puerto USB 2.0 para ver si se corrige el problema.

Opción	Descripción
Reiniciar la Link Box	Para obtener mayor información, consulte Reiniciar la Link Box en página 18. Para obtener mayor información, puede consultar este  artículo de Resolución de problemas de SteamVR .

¿Qué puedo hacer cuando la luz de estado en el casco indica un error?

Si ve que la luz de estado es de color rojo, pruebe estos métodos para resolver el problema:

- Desconecte y vuelva a conectar el cable 3 en 1 del casco en la Link Box.
- Verifique que los cables entre la Link Box y la computadora estén debidamente conectados. Desconecte y vuelva a conectar los cables según sea necesario.
- Desenchufe y vuelva a enchufar el adaptador de alimentación en la toma de corriente para reiniciar la Link Box.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

¿Qué debo hacer si no se realiza el seguimiento del casco?

Para resolver este problema, intente seguir los métodos a continuación:

- Asegúrese de que el casco esté ubicado dentro del área de juego.
- Si la alimentación en el casco se desconectó y reconectó, también debe reiniciar la aplicación SteamVR.
- Trate de desconectar y reconectar el cable HDMI en el puerto HDMI en la tarjeta gráfica de la computadora.
- Reinicie la aplicación SteamVR. Si sigue apareciendo un error, reinicie la computadora y vuelva a abrir la aplicación SteamVR.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

La pantalla del casco se ve borrosa. ¿Qué debo hacer?

Pruebe estas sugerencias para resolución de problemas:

- Asegúrese de haber retirado la película protectora en las lentes del casco.
- Asegúrese de que las lentes estén limpias. Utilice el paño de limpieza suministrado en la caja para limpiar las lentes.
- Asegúrese de usar el casco de manera adecuada.

El borde inferior del casco debe estar apoyado sobre las mejillas, mientras que la sujeción estándar debe rodear la parte posterior de la cabeza. Debe sentirse cómodo al inclinarse sin que el casco se resbale.

Si el casco se encuentra muy bajo en la cara, la pantalla se verá borrosa.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

¿Cómo puedo resolver el error "casco no encontrado"?

Para resolver este problema, siga los pasos a continuación:

1. Cierre todas las aplicaciones de Steam en la computadora, incluida la aplicación de SteamVR.
2. Desenchufe los cables de la Link Box (HDMI y USB) de la computadora, así como el cable de alimentación de la toma de corriente.

3. Espere unos segundos y vuelva a enchufar los cables. En la computadora, es posible que vea una notificación en la que se indique que se están instalando los controladores. Espere hasta que finalice la instalación.
4. Reinicie la aplicación de SteamVR.

Si sigue apareciendo un error parecido, vuelva a repetir los pasos. También puede comprobar si se está presentando un problema relacionado con el USB. Para obtener más detalles, consulte [No es posible detectar mi casco debido a un problema con el puerto USB. ¿Qué debo hacer?](#) en página 43.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

No es posible detectar mi casco debido a un problema con el puerto USB. ¿Qué debo hacer?

Para resolver este problema, siga los pasos a continuación:

- Conecte el cable USB en un puerto USB diferente para confirmar si el error se debe a un problema relacionado con el puerto USB.

Opción	Descripción
Si tiene un puerto USB 2.0...	Conecte el cable USB en el puerto USB 2.0.
Si no tiene un puerto USB 2.0...	1. Conecte el cable USB en un puerto USB 3.0 genérico. 2. Abra la aplicación SteamVR y luego pulse  > Crear informe del sistema. 3. Asegúrese de que los dispositivos VIVE se conecten a través de un puerto USB  en lugar de a un puerto de un fabricante específico, lo que podría provocar un problema de compatibilidad con VIVE.

Si el error no se resuelve, es posible que este no se deba a la compatibilidad del puerto USB. Para obtener más sugerencias de resolución de problemas, consulte [¿Cómo puedo resolver el error "casco no encontrado"? en página 42.](#)

- Actualice de forma manual el controlador USB en la computadora. También, puede descargar e instalar las actualizaciones oficiales del controlador desde el sitio web del fabricante de la placa madre o el puerto USB.

Si la actualización del controlador USB no resuelve el error, adquiera y utilice otra tarjeta PCI-Express USB (con un chipset Intel). De acuerdo con nuestras pruebas, esta tarjeta USB funciona bien con VIVE:

Tarjeta PCI-Express USB 3.0 de 2 puertos Inateck® (Serie: KTU3FR-202I)

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

Después de actualizarse a Windows 10, VIVE aparece como el monitor principal de la computadora. ¿Qué debo hacer?

Para resolver este problema, intente seguir los pasos a continuación:

1. Desconecte el cable 3 en 1 del casco en la Link Box.
2. Reinicie la computadora.
3. Vuelva a conectar el cable 3 en 1 del casco en la Link Box.

Se están omitiendo imágenes. ¿Qué puedo hacer?

Si ha instalado software en la computadora que ajusta automáticamente la pantalla (por ejemplo para el modo noche), este podría estar generando el conflicto.

Para resolver el problema, desactive el software que puede provocar el conflicto (por ejemplo, f.lux o Prismatic) al utilizar VIVE.

Veo movimientos sin rumbo u objetos que flotan en VR. ¿Qué puedo hacer?

Pruebe estas sugerencias para resolución de problemas.

- Asegúrese de que no haya superficies reflectantes (por ejemplo, espejos) dentro del área de juego.
- Si hay dispositivos Bluetooth® en la habitación, apáguelos para que no interfieran con el emparejamiento del hardware.
- Revise si está experimentando problemas con el rendimiento de la CPU. En la aplicación SteamVR, haga clic en **Configuración > Rendimiento > Sincronización de cuadro de visualización**. Si se presentan saltos en el gráfico, quiere decir que el problema está relacionado con la CPU.

¿Qué debo hacer si no escucho sonidos mientras uso el cable de audio?

Asegúrese de que el casco esté en modo normal y no esté en espera y verifique que la aplicación SteamVR se esté ejecutando en la computadora.

Si esto no resuelve el problema, haga lo siguiente:

Opción	Descripción
Asegúrese de que SteamVR esté enviando audio a VIVE	1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR. 2. Haga clic en ▼ y seleccione Configuración > Audio. 3. En la lista desplegable de Establecer el dispositivo de reproducción en, elija HTC-VIVE o seleccione Altavoces (Dispositivo de audio por USB).

Opción	Descripción
Asegúrese de que Windows esté enviando audio a VIVE	1. En su computadora, haga clic con el botón derecho en el icono de Volumen en la bandeja de tareas. 2. Haga clic en Dispositivos de reproducción y luego seleccione HTC-VIVE. 3. Haga clic con el botón derecho en HTC-VIVE y luego seleccione Establecer como dispositivo predeterminado. Es posible que también deba hacer clic con el botón derecho en cualquier dispositivo de audio detectado y seleccione Mostrar dispositivos deshabilitados y Mostrar dispositivos desconectados.
Compruebe el volumen del dispositivo de audio de HTC-VIVE y el programa actual	En su computadora, haga clic con el botón derecho en el icono de Volumen en la bandeja de tareas. Haga lo siguiente: ▪ Encuentre el control deslizante para HTC-VIVE y luego establézcalo en 50%. ▪ Haga clic en Mezclador. Encuentre el programa actual y luego establezca el volumen en 50%.

¿Existe alguna manera de escuchar desde la computadora lo que está en VR?

Puede duplicar el audio desde VIVE a la computadora. Puede usar otro par de auriculares o altavoces.

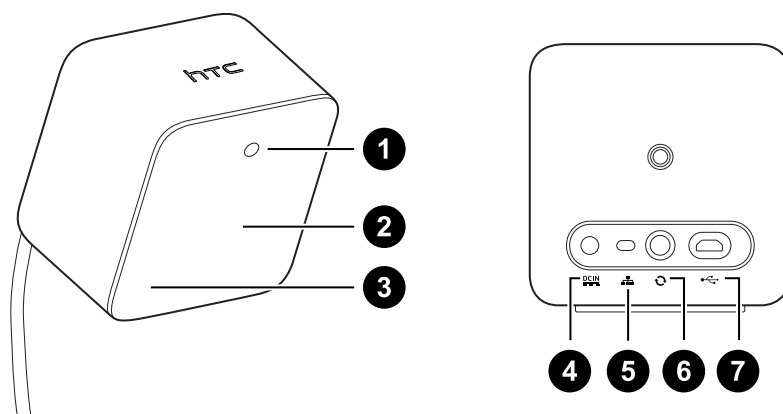
1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Haga clic en ▼ y seleccione **Configuración > Audio**.
3. En la lista desplegable de Reflejar audio en el dispositivo, seleccione el dispositivo de audio donde desea enviar el audio adicional.

Estaciones base

Acerca de las estaciones base VIVE



- Las estaciones base transmiten señales al casco y los controladores. No cubra el panel frontal con ningún material.
- Cuando las estaciones base están encendidas, podrían afectar a sensores infrarrojos cercanos, como aquellos utilizados en un control remoto de TV por infrarrojo.



1	Luz de estado
2	Panel frontal
3	Indicador de canal (empotrado)
4	Puerto de alimentación
5	Botón de canal
6	Puerto de cable de sincronización (opcional)
7	Puerto Micro USB (para actualizaciones de firmware)



- No intente forzar la apertura de las estaciones base ya que esto podría causar una lesión o dañar el producto.
- Si el panel frontal está quebrado o dañado, deje de utilizar las estaciones base.

Instalación de las estaciones base

Antes de instalar las estaciones base, primero debe decidir si desea establecer un área de juego a escala de habitación o sentado/solo de pie. Consulte [Planificar su área de juego](#) en página 60.



Mientras las saca de la caja, quite la delgada película que cubre el panel frontal de las estaciones base.

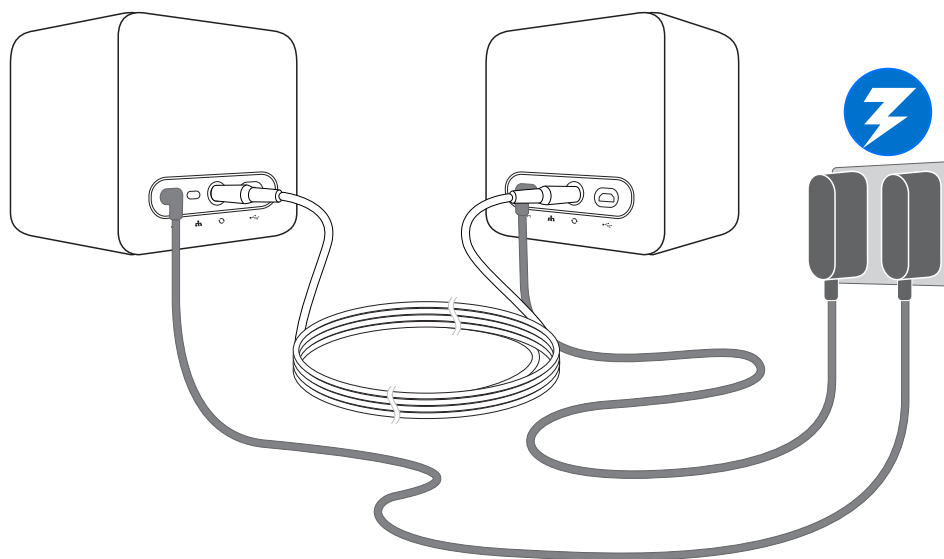
1. Monte las estaciones base en las esquinas opuestas de su espacio de juego, en diagonal.
Para obtener más información sobre cómo utilizar el kit de montaje, consulte [Usar el kit de montaje](#) en página 49.
También es posible utilizar trípodes, soportes para luces o columnas al montar las estaciones base o incluso colocarlas sobre bibliotecas firmes. Sólo evite el uso de soluciones de montaje inestables o superficies que sean propensas a las vibraciones.
2. Ajuste las estaciones base de manera que los paneles frontales apunten hacia el centro del área de juego.
3. Coloque los cables de alimentación en las estaciones base y luego enchufe cada una en la toma de corriente para encenderlas. Las luces de estado deberían ser de color verde.
4. Conecte las estaciones base y establezca los canales.

Sin el cable de sincronización

Presione los botones de canales en la parte posterior de las estaciones base de modo que una de las estaciones base se establezca en el canal "b" y la otra en el canal "c".

Con el cable de sincronización (opcional para mayor fiabilidad)

Presione los botones de canales en la parte posterior de las estaciones base de modo que una de las estaciones base se establezca en el canal "A" y la otra en el canal "b".

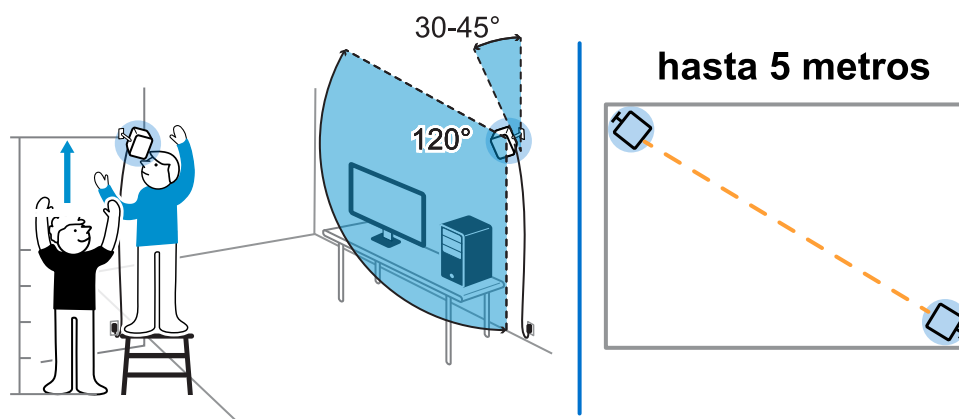


Una vez encendido, no se mueva ni ajuste los ángulos de las estaciones base ya que podría alterar el proceso de seguimiento. De lo contrario, deberá establecer el área de juego nuevamente.

Consejos para instalar las estaciones base

Puede instalar las estaciones base de una forma adecuada para su lugar. Para obtener mejores resultados, puede seguir estas recomendaciones:

- Instale las estaciones base en diagonal y por encima de la cabeza, lo ideal sería a más de 2 metros (6 pies y 6 pulgadas).
- Fije las estaciones base en un lugar donde no puedan ser empujadas o desplazadas con facilidad.
- Cada estación base tiene un campo de visión de 120 grados, así que lo ideal es inclinarla en un ángulo de entre 30 y 45 grados para cubrir completamente su área de juego.
- Para un seguimiento óptimo, asegúrese de que la distancia máxima entre ambas estaciones base sea de 5 m (16 pies y 4 pulgadas).



Usar el kit de montaje

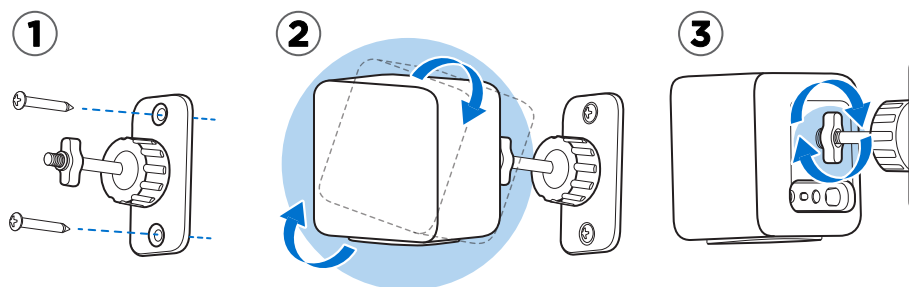
Para obtener mejores resultados, instale las estaciones base con el kit de montaje suministrado.



Necesitará un destornillador o taladro para instalar los montajes. Pida ayuda a un profesional cuando manipule herramientas eléctricas.

1. Marque el lugar donde desea instalar cada uno de los montajes en la pared y atorníllelos.
Cuando el montaje se realiza en pared de hormigón o mampostería, primero debe taladrar orificios de ¼ pulgadas e insertar tarugos antes de atornillar los montajes.
2. Haga girar la estación base para atornillarla en la junta esférica roscada. No la atornille hasta el tope, solo lo necesario para que se mantenga firme y orientada correctamente.

3. Ajuste la tuerca de mariposa a la estación base para fijarla en su posición.

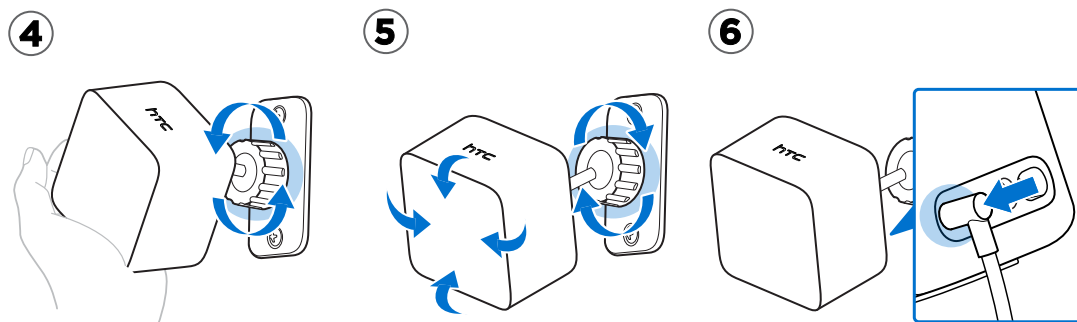


4. Para regular el ángulo de la estación base, afloje el anillo de sujeción mientras sostiene cuidadosamente la estación base para evitar que se caiga.
5. Incline la estación base hacia el área de juego.

Asegúrese de que tiene una visión despejada de la otra estación base. Cada estación base tiene un campo de visión de 120 grados. Deben inclinarse hacia abajo en un ángulo de entre 30 y 45 grados.

Para fijar el ángulo de la estación base, vuelva a ajustar el anillo de sujeción.

6. Conecte el cable de alimentación a cada estación base.



Actualizar el firmware de la estación base a través de conexión con cable

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Si ve el icono , desplace el mouse sobre este para verificar si el firmware está desactualizado. En caso afirmativo, haga clic en **Actualizar el firmware de la estación base**.
3. Desconecte las estaciones base de los adaptadores de alimentación y, a continuación, desmóntelas con cuidado.
4. Con un cable micro USB, conecte las estaciones base a uno de los puertos USB de la computadora de una en una.

5. Mientras presiona el botón de Canal en la parte posterior de la estación base, conecte el adaptador de alimentación de la estación base.

Una vez que la estación base sea detectada por la aplicación SteamVR, la actualización de firmware se iniciará de forma automática.



No debe desconectar el cable micro USB ni el cable de alimentación en ningún momento antes de completar la actualización del firmware. Si lo hace, se podría producir un error de firmware.

6. Cuando se haya completado la actualización, haga clic en **Listo**.

Actualizar el firmware de la estación base a través de Bluetooth

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Haga clic en ▼ > **Configuración** > **General** > **Instalar el controlador Bluetooth**.
3. Después de haber instalado el controlador Bluetooth, reinicie la computadora.
4. Vuelva a iniciar la aplicación SteamVR.
5. Haga clic en ▼ > **Configuración** > **Habilitar la comunicación Bluetooth**.
6. Seleccione **Poner la estación base en modo de espera cuando VR no está en uso**.



Si las estaciones base no entran en modo de espera cuando VIVE no está en uso, debe apagarlas y volver a encenderlas.

7. Realice una de las siguientes acciones:
 - Haga clic en ▼ > **Dispositivos**. Haga clic en **Actualizar firmware** y luego seleccione las estaciones base.
 - Si ve el icono , desplace el mouse sobre este para verificar si el firmware está desactualizado. En caso afirmativo, haga clic en **Actualizar el firmware de la estación base**.
8. Siga las instrucciones en pantalla para completar el proceso.



No debe desconectar el cable de alimentación en ningún momento antes de completar la actualización del firmware. Si lo hace, se podría producir un error de firmware.

¿Qué significa la luz de estado en las estaciones base?

La luz de estado se muestra en color:

- Verde cuando la estación base está en modo normal.
- Azul cuando la estación base espera estabilizarse. Si permanece en este estado, compruebe si está montada de manera segura o en una superficie que no sea propensa a las vibraciones.
- Verde tenue cuando la estación base está en modo de espera.
- Púrpura cuando las estaciones base intentan sincronizarse.
- Púrpura intermitente cuando está bloqueada la sincronización. Si está conectando las estaciones base de manera inalámbrica, puede ser necesario utilizar el cable de sincronización. Consulte [¿Es necesario utilizar el cable de sincronización?](#) en página 52.

¿Qué debo hacer si no se detecta alguna de las estaciones base?

Para resolver este problema, intente seguir los métodos a continuación:

- Apague y vuelva a encender la estación base.
- Asegúrese de haber instalado las estaciones base de manera correcta. Para obtener mayor información, consulte [Instalación de las estaciones base](#) en página 47.
- Si las estaciones base tienen problemas para sincronizar de manera inalámbrica entre sí, es posible que haya un obstáculo en el área de juego. Pruebe con un cable de sincronización para solucionar el inconveniente. Para obtener información, consulte [¿Es necesario utilizar el cable de sincronización?](#) en página 52.
- Reinicie la aplicación SteamVR. Si sigue apareciendo un error, reinicie la computadora y vuelva a abrir la aplicación SteamVR.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

¿Es necesario utilizar el cable de sincronización?

En general, no es necesario conectar las estaciones base entre sí con el cable de sincronización. No obstante, si hay un objeto suspendido desde el techo, por encima del área de juego o si las estaciones base deben situarse en un lugar bajo de forma tal que la cabeza o las manos bloquean la visibilidad entre las estaciones base, esto puede afectar la sincronización entre las mismas. Deberá conectar el cable de sincronización.

1. Conecte el cable de sincronización a ambas estaciones base y asegúrese de encaminar el cable fuera de su área de juego.
2. Presione los botones de canales en la parte posterior de las estaciones base de modo que una de las estaciones base se establezca en el canal "A" y la otra en el canal "B".

¿Están cubiertas por la garantía las estaciones base en caso de daños accidentales?

Siga detenidamente las instrucciones de instalación recomendadas para las estaciones base, ya que la garantía del producto no cubre daños accidentales.

Deje de usar las estaciones base si están dañadas, sobre todo cuando los paneles frontales estén quebrados.

Cuando VIVE está siendo utilizado, el control remoto de la TV no funciona. ¿Qué puedo hacer?

Las estaciones base podrían afectar a sensores infrarrojos cercanos, como aquellos utilizados en un control remoto de TV por infrarrojo.

1. Vuelva a ajustar el ángulo de las estaciones base de modo que no apunten directamente hacia la TV.
2. Verifique que el control remoto funcione sin interferencias desde VIVE.
3. Establezca el área de juego nuevamente.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

Controladores

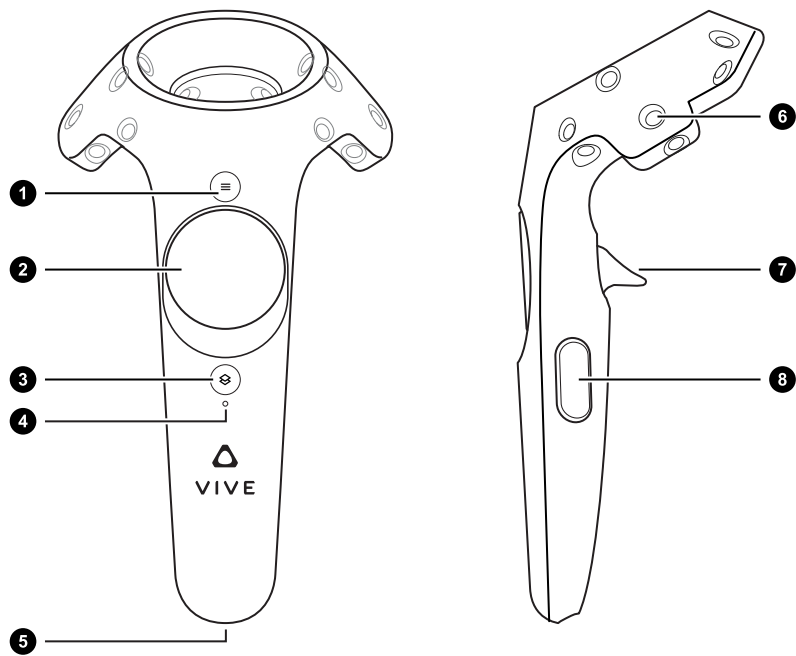
Acerca de los controladores VIVE controladores

Utilice los controladores para interactuar con objetos en el mundo de la realidad virtual.

Los controladores cuentan con sensores que realizan el seguimiento mediante las estaciones base.



Los sensores en los controladores son delicados. No cubra ni raye las lentes de los sensores.



1	Botón de menú
2	Trackpad (Panel táctil)
3	Botón de sistema
4	Luz de estado
5	Puerto micro USB
6	Sensor de seguimiento
7	Disparador
8	Botón de agarre

Cargar los controladores

Puede verificar el nivel de la batería de los controladores cuando no se está ejecutando ninguna aplicación o cuando el Tablero de control del sistema está funcionando. Cuando la batería está descargada, el indicador mostrará un único punto rojo  .

Cargue cada controlador con los adaptadores de alimentación y el cable USB suministrados.

Cuando el controlador está conectado y totalmente cargado, la luz de estado es de color verde si el controlador está encendido o de color blanco si está apagado.

Encender o apagar los controladores

- Para encender el controlador, presione el botón de sistema hasta escuchar un pitido.
- Para apagar el controlador, presione por unos segundos el botón de sistema hasta escuchar un pitido.

Cuando salga de la aplicación SteamVR, los controladores se apagarán automáticamente. Los controladores se apagarán automáticamente tras haber estado inactivos durante un periodo determinado.

Vincular los controladores con el casco

- Una vez que se encienden los controladores por primera vez, se vincularán automáticamente con el casco.

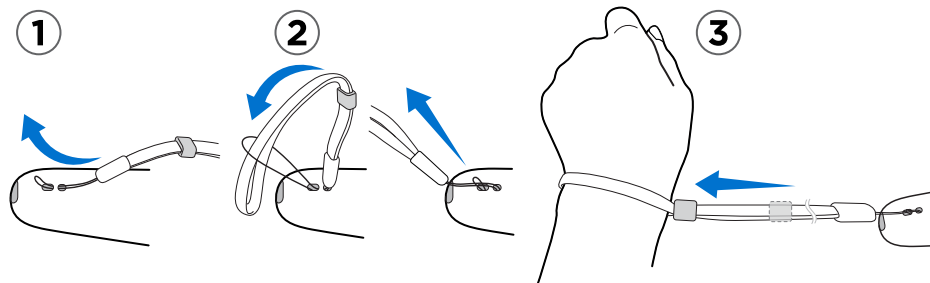
La luz de estado parpadea en azul mientras la vinculación está en curso. La luz de estado cambia a verde permanente cuando los controladores se vinculan con el casco.

- Para vincular los controladores de manera manual, inicie la aplicación SteamVR, pulse  y luego seleccione **Dispositivos > Vincular controlador**. Siga las instrucciones en pantalla para completar el proceso.

Colocar las correas a los controladores

Utilizar correas puede ayudar a impedir que los controladores se caigan accidentalmente; sin embargo, no arroje ni tire violentamente el controlador porque la correa se puede romper.

1. Mientras sujeta el controlador, inserte el hilo de correa por el orificio desde la parte arriba hacia abajo.
2. Pase la correa a través del hilo y luego tire de la misma para sujetarla en su lugar.
3. Coloque la correa en la muñeca y ajuste el cierre para tensar la correa cómodamente alrededor de la muñeca.



Actualizar el firmware del controlador

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Si ve el icono , desplace el mouse sobre este para verificar si el firmware está desactualizado. En caso afirmativo, haga clic en **Actualizar el firmware del controlador**.
3. Con un cable micro USB, conecte los controladores a uno de los puertos USB de la computadora de uno en uno.

Una vez que el controlador sea detectado por la aplicación SteamVR, la actualización de firmware se iniciará de forma automática.



No debe desconectar el cable micro USB en ningún momento antes de completar la actualización del firmware. Si lo hace, se podría producir un error de firmware.

4. Cuando se haya completado la actualización, haga clic en **Listo**.

¿Qué significa la luz de estado en los controladores?

La luz de estado se muestra en color:

- Verde cuando los controladores están en modo normal
- Rojo intermitente cuando el nivel de la batería es bajo
- Azul intermitente cuando el controlador se está vinculando con el casco
- Azul cuando el controlador se está conectando con el casco
- Naranja cuando se está cargando

¿Qué debo hacer si no se realiza el seguimiento de alguno de los controladores?

Para resolver este problema, intente seguir los métodos a continuación:

- Asegúrese de que el controlador esté ubicado dentro del área de juego.
- Apague y encienda de nuevo el controlador para reactivar el seguimiento.
- Reinicie la aplicación SteamVR. Si sigue apareciendo un error, reinicie la computadora y vuelva a abrir la aplicación SteamVR.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

¿Cómo sé cuál es el controlador del que no se realiza el seguimiento?

Si no se realiza el seguimiento de uno de los controladores y quiere saber cuál es, siga estos pasos.

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Sitúe el cursor sobre el icono del controlador del que no se está realizando el seguimiento.
3. Haga clic en **Identificar controlador**.

La luz de estado del controlador parpadeará rápidamente en color blanco.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

¿Qué puedo hacer si el panel táctil es demasiado sensible?

Verifique si hay una actualización de firmware disponible para los controladores. Después de esto, vuelva a calibrar el controlador mediante estos pasos:

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Haga clic con el botón derecho en el icono  y luego haga clic en **Calibrar controlador**.
3. Siga las indicaciones en la pantalla para completar el proceso de calibración.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

¿Qué debo hacer si mi controlador no enciende?

Pruebe estas sugerencias para resolución de problemas:

- Mantenga presionado el botón de Sistema durante al menos 5 segundos y compruebe si el controlador se enciende.
- Cargue el controlador utilizando el otro cable y el adaptador y enchufe el adaptador en una toma de corriente distinta.
- En el panel de control de SteamVR, compruebe si se detectan los controladores. Si se detectan los controladores, pero la luz LED está apagada, esto puede indicar un problema con el LED.
- Compruebe si se produjo un error con una actualización de firmware. Para recuperarse de este error, consulte [Mi controlador no se enciende después de que lo desconecté durante la actualización de firmware por accidente. ¿Qué debo hacer?](#) en página 59.

El controlador se apaga automáticamente. ¿Qué debo hacer?

Para resolver este problema, siga los pasos a continuación:

1. Asegúrese de que el controlador esté cargado.
2. Verifique que la luz de estado en el controlador se muestre de color verde, lo que indica que está emparejado con el casco.
3. Enchufe el cable USB desde la Link Box a otro puerto USB 3.0 en la computadora.
4. Actualice de forma manual el controlador USB en la computadora. También, puede descargar e instalar las actualizaciones oficiales del controlador desde el sitio web del fabricante de la placa madre o el puerto USB.

Mi controlador no se enciende después de que lo desconecté durante la actualización de firmware por accidente. ¿Qué debo hacer?

Realice los siguientes pasos para recuperar el controlador desde el modo de gestor de arranque.

1. Con un cable micro USB, conecte el controlador a uno de los puertos USB de la computadora.
2. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
3. Una vez que la aplicación SteamVR haya detectado el controlador, siga las instrucciones en pantalla para actualizar el firmware.

Área de juego

¿Qué es el área de juego?

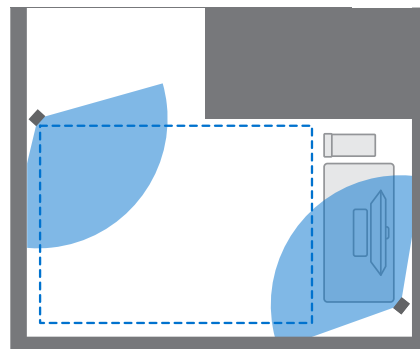
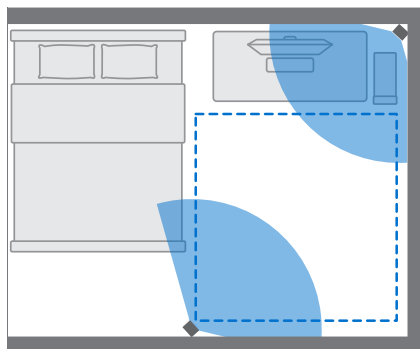
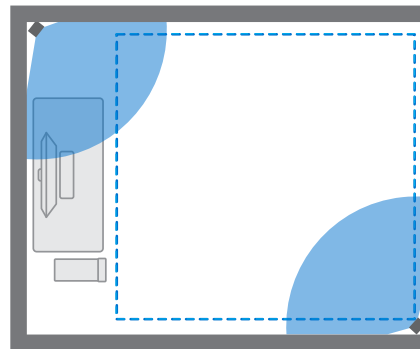
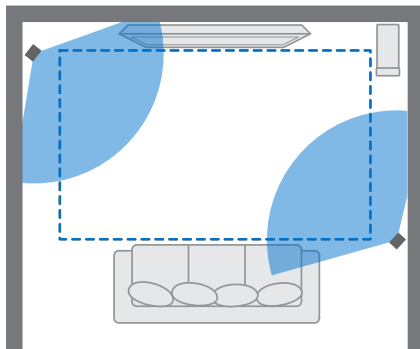
El área de juego establece los límites virtuales de VIVE. Su interacción con los objetos de VR se produce dentro del área de juego.

VIVE está concebido para una configuración a escala de habitación, pero también es posible utilizarlo para experiencias de pie o sentado.

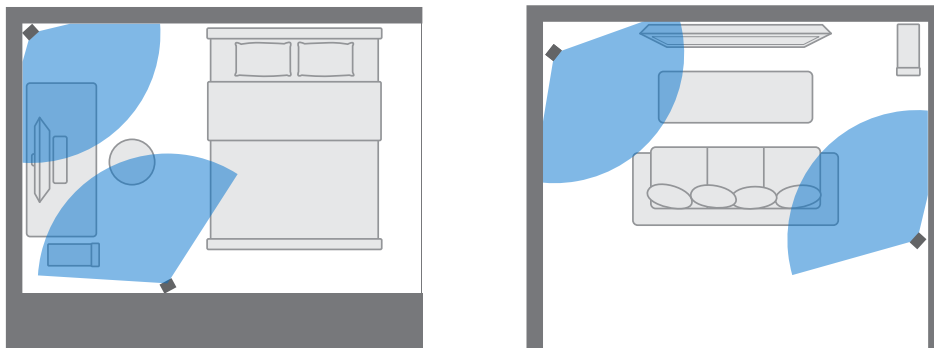
Planificar su área de juego

Antes de elegir la configuración, asegúrese de que dispone de suficiente espacio.

Una configuración a escala de habitación requiere de un área de juego mínima de 2 m x 1,5 m (6 pies y 6 pulgadas x 5 pies). Ejemplos de una configuración a escala de habitación:



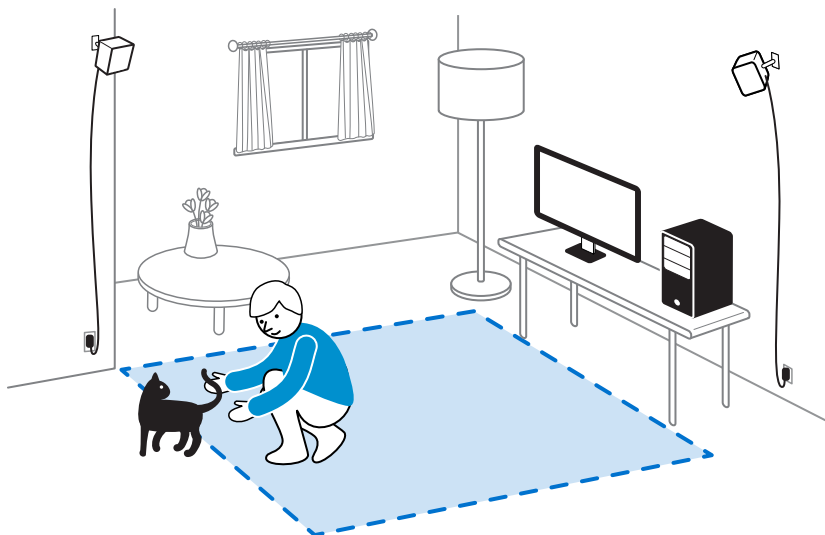
Las experiencias sentado y de pie no tienen requisitos de espacio. Ejemplos de configuración sentado/de pie:



Elegir el área de juego

Encuentre un lugar que designará como el área de juego. Para obtener mejores resultados, haga lo siguiente:

- Mueva los muebles y otros obstáculos (por ejemplo las mascotas) fuera del área de juego.



- Coloque la computadora junto a su área de juego. El cable del casco se extiende unos 5 metros (16 pies y 4 pulgadas) de la computadora.
- Asegúrese de que haya tomas de corriente cerca del lugar donde se montarán las estaciones base. Utilice cables de extensión de 12V según sea necesario.
- No deje el casco bajo la luz solar directa, ya que se puede dañar la pantalla del casco.

Configurar VIVE por primera vez

Antes de poder utilizar VIVE, deberá completar el proceso de configuración, que incluye instalar el software de VIVE y SteamVR, configurar el hardware y definir su área de juego.

Para comenzar el proceso de configuración, descargue el archivo de configuración en la computadora desde:

www.vive.com/setup/

Ejecute el archivo de configuración y siga las instrucciones para completar el proceso.

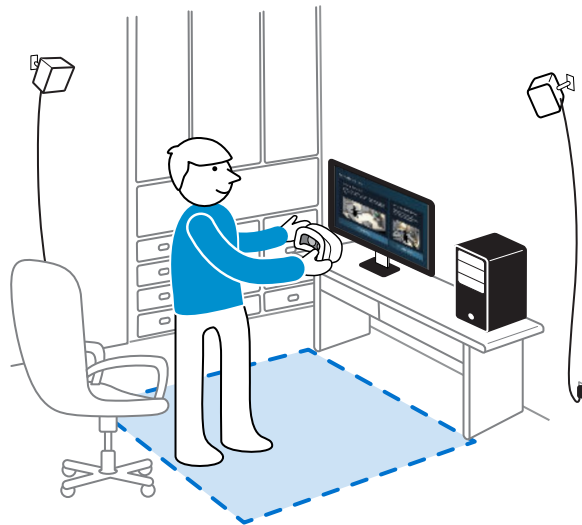


Una vez que haya completado la configuración de la habitación, debe ejecutarla nuevamente si movió o ajustó los ángulos de las estaciones base o si transfiere el sistema de VIVE VR a otra habitación.

Establecer un área de juego de solo de pie

Elija esta opción si solo quiere experimentar la VR en una posición sentada o de pie.

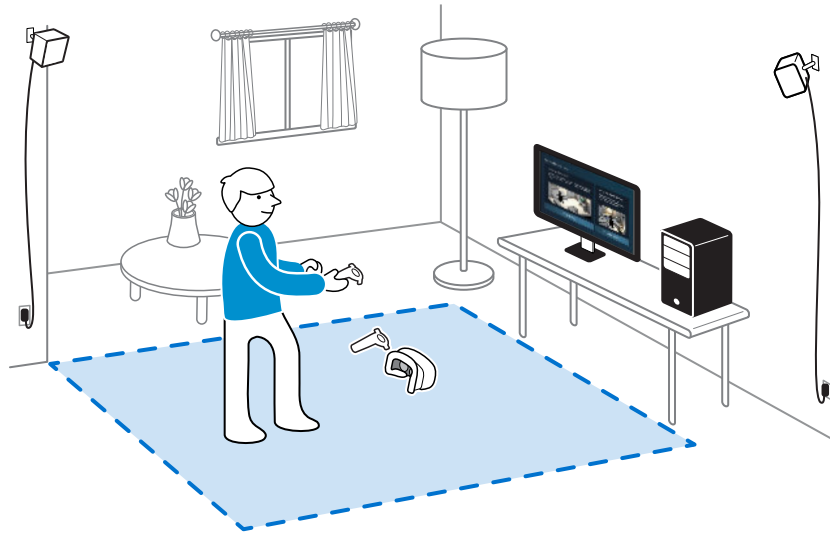
1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Haga clic en ▼ y luego seleccione **Ejecutar configuración de habitación > Solo de pie.**
3. Revise las indicaciones y siga las instrucciones en pantalla para completar el proceso.



Establecer un área de juego a escala de habitación

Elija establecer un área de juego a escala de habitación para disfrutar desplazarse por todas partes y participar de lleno en la experiencia de VR.

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Haga clic en ▼ y luego seleccione **Ejecutar configuración de habitación > A escala de habitación**.
3. Revise las indicaciones y siga las instrucciones en pantalla para completar el proceso.



Al trazar los límites de su área de juego, asegúrese de que el suelo esté despejado. No trace los límites en un espacio ocupado por objetos (por ejemplo, una mesa o silla) ya que esto podría ocasionar tropiezos mientras está en la VR.

Restablecer el área de juego

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Haga clic en ▼ y luego seleccione **Ejecutar configuración de habitación**.
3. Siga las indicaciones para completar el proceso.

Verificar la configuración

Una vez que haya completado el proceso de configuración de VIVE, puede colocarse el casco y sostener los controladores para comenzar a explorar la VR.



Mientras está en el área de juego, el casco y los controladores deben permanecer a una distancia de 0,5 m (1 pie y 7 pulgadas) como mínimo y de 5 m (16 pies y 4 pulgadas) como máximo de una estación base. Esto garantizará un seguimiento adecuado de los dispositivos dentro del campo de visión de 120 grados de la estación base.



Para advertencias en materia de salud y seguridad, consulte la Guía de seguridad y regulación, que se actualiza de forma periódica para verificar la exactitud e integridad de la misma. Para obtener la última versión, consulte www.vive.com/.

Después de la configuración, ¿cómo puedo encender el sistema de VIVE?

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Asegúrese de que sus estaciones base estén encendidas.
3. Asegúrese de que el casco esté conectado a la computadora a través de la Link Box. Para mayor información, consulte [Conectar el casco a su computadora](#) en página 16.
4. Encienda los controladores. Para mayor información, consulte [Encender o apagar los controladores](#) en página 55.
5. Compruebe que se realice el seguimiento del hardware de VIVE. Los iconos de estado en la aplicación SteamVR y las luces de estado en el hardware deberían ser de color verde.

6. Colóquese el casco. Para mayor información, consulte [Colocarse el casco](#) en página 9.
7. Tome sus controladores.

Para que aparezca el Tablero de control del sistema, presione el botón de sistema en cualquiera de los controladores.

¿Cuál es el espacio recomendado para el área de juego?

Se admite el movimiento dentro de un área diagonal de hasta 5 m (16 pies y 4 pulgadas). Por ejemplo, un espacio de 3,5 m x 3,5 m (aprox. 11 pies y 5 pulgadas x 11 pies y 5 pulgadas). Para la configuración a escala de habitación, se requiere de un área de juego mínima de 2 m x 1,5 m (6 pies y 6 pulgadas x 5 pies). No hay un espacio mínimo establecido para las experiencias sentados y de pie.

¿Puedo incluir el espacio ocupado por muebles para el área de juego?

No es recomendable hacerlo. Al establecer los límites de su área de juego, asegúrese de que el suelo esté despejado. No trace los límites en un espacio ocupado por objetos (por ejemplo, una mesa o silla) ya que esto podría ocasionar tropiezos mientras está en la VR.

¿Funcionarán las aplicaciones de VR para experiencias de sentado/solo de pie con una configuración a escala de habitación?

Incluso si tiene una configuración a escala de habitación, puede usar aplicaciones de VR que fueron diseñadas para experiencias de sentado o solo de pie. Solo debe asegurarse de que se realice el seguimiento del casco y los controladores dentro del área de juego.

Para establecer o restablecer la posición de sentado mientras está en VR, haga lo siguiente:

1. Presione el botón de Sistema para que aparezca el Tablero de control del sistema.
2. Seleccione  > **General**.
3. Seleccione **Restablecer posición de sentado** y luego siga las indicaciones para completar el proceso.

¿Cómo puedo resolver errores de descarga durante la instalación de la configuración de VIVE?

Por lo general, los errores de descarga se producen debido a una configuración de la red incorrecta. Por ejemplo, debido a un DNS incorrecto, el host no resuelve la dirección del servidor de descarga. Algunos destinos de red pueden no ser accesibles, incluso cuando la conexión a otros sitios web parece normal. Asegúrese de que la configuración de la red sea correcta o pídale ayuda al administrador de la red.

No puedo realizar la configuración de habitación. ¿Qué debo hacer?

Compruebe si está utilizando caracteres especiales (por ejemplo, à o é) en el nombre de usuario de Windows, lo que pudo haber provocado el problema.

Como solución alternativa, puede añadir una nueva cuenta de Windows utilizando el alfabeto latino básico para su nombre de usuario. Después de haber iniciado sesión con el nuevo nombre de usuario, vuelva a instalar la configuración de VIVE y complete el proceso.

Configuraciones

Configuración de la aplicación Vive

Cambiar el idioma del sistema de VIVE

Una vez que haya cambiado el idioma en la aplicación Vive, el idioma utilizado en el sistema VIVE VR también cambiará.

1. En la computadora, abra la aplicación Vive.
2. Haga clic en la ficha **Configuración**.
3. En la lista desplegable de Idioma, seleccione el idioma que desea utilizar.



Cambiar el idioma del sistema de VIVE no cambiará el idioma para contenido de VR específico que haya descargado, decidido por el desarrollador o editor de contenido.

Establecer que la aplicación Vive se inicie automáticamente en el inicio

Puede iniciar automáticamente la aplicación Vive al encender la computadora.

1. En la computadora, abra la aplicación Vive.
2. Haga clic en la ficha **Configuración**.
3. Seleccione **Abrir en el inicio**.

Configuración del Tablero de control del sistema

Tablero de control del sistema

El Tablero de control del sistema funciona como su punto central de entrada en VR.

Mientras está en el tablero de control, estas son algunas de las cosas que puede hacer:

- Iniciar o cerrar una aplicación de VR
- Controlar el volumen de sonido y el acceso al micrófono
- Cambiar configuraciones, como el estilo de límites de obstáculos en Chaperone o el fondo en el casco
- Apagar el sistema de VIVE

Para que aparezca el tablero de control, presione el botón de sistema en cualquiera de los controladores.

Cambiar la configuración de Chaperone

El sistema Chaperone muestra una cuadrícula cada vez que está cerca de los límites de su área de juego. Es posible cambiar el aspecto de la cuadrícula.

1. Desde el Tablero de control del sistema, seleccione .
2. Seleccione **Chaperone**.
3. Elija el estilo de límites de obstáculos preferido.
4. Arrastre los controles deslizantes para cambiar el color y la opacidad.
5. Para mostrar una referencia visual constante del suelo mientras está en VR, seleccione **Límites del suelo siempre activo**.

Cambiar la visualización de fondo predeterminado

Al encender el sistema VIVE, lo primero que verá será una visualización de fondo predeterminado. Se trata del mismo fondo que se muestra al seleccionar Vista de habitación en Tablero de control del sistema.

1. Desde el Tablero de control del sistema, seleccione .
2. Seleccione **En el casco**.
3. En estilo del fondo, seleccione **Imagen**.
4. Seleccione la imagen deseada de las opciones. Si quiere utilizar una imagen desde la computadora, seleccione **Abrir carpeta de imágenes**.
5. Salga de la aplicación actual para aplicar los cambios.

Notificaciones del teléfono

Descargar e instalar la aplicación de teléfono VIVE



Antes de descargar la aplicación VIVE, asegúrese de que el teléfono cumpla con los requisitos mínimos del sistema indicados en la página de descarga de la aplicación VIVE.

1. En el teléfono, abra la aplicación Play Store o las aplicaciones de App Store.
2. Busque **Vive**.
3. Descargue e instale la aplicación VIVE.

Vincular el teléfono con VIVE

Vincule el teléfono con el sistema VIVE para comenzar a recibir las notificaciones mientras está en la VR.

1. En la aplicación VIVE de la computadora, vaya a la ficha Configuración y luego haga clic en **Configurar un teléfono**.
2. En el teléfono, abra la aplicación VIVE.
La primera vez que abra la aplicación VIVE, revise las instrucciones y pulse **Permitir**.
3. Haga clic en **Para comenzar** en la computadora y el teléfono. Asegúrese de que Bluetooth esté encendido y de que el teléfono esté en modo visible.
4. En la lista de dispositivos detectados en la computadora, seleccione su teléfono y luego haga clic en **Siguiente**.
5. Cuando se le indique, acepte la solicitud de vinculación o introduzca el código de vinculación en su teléfono.
6. Una vez completada la vinculación, haga clic en **Aceptar** y **Finalizado** en la computadora y el teléfono respectivamente.

Elegir las notificaciones que desea recibir en VR

Administre las notificaciones que recibe mientras utiliza VIVE.

1. En el teléfono, abra la aplicación Vive.
2. Realice una de las siguientes acciones:
 - Usuarios de Android™: Pulse  > **Configuración**.
 - Usuarios de iOS: Cambie a la ficha de Configuración.
3. Elija los tipos de notificaciones que le gustaría recibir.

Recibir notificaciones mientras está en VR

No se preocupe por perderse las notificaciones importantes. Mientras está en cualquier aplicación de VR, verá una notificación al tener una llamada entrante, un mensaje o un evento de calendario próximo.



Para recibir notificaciones en VR, primero deberá vincular el teléfono con VIVE. Para aprender a hacerlo, consulte [Vincular el teléfono con VIVE](#) en página 69.

Para recibir o abrir la notificación, presione el botón de **Sistema**.

Si opta por ignorar la notificación entrante, siempre es posible revisarla más tarde en la ficha de VIVE. Para obtener detalles, consulte [Verificar las notificaciones](#) en página 70.

Verificar las notificaciones

Puede revisar cómodamente las notificaciones del teléfono sin salir de la VR.



Para recibir notificaciones en VR, primero deberá vincular el teléfono con VIVE. Para aprender a hacerlo, consulte [Vincular el teléfono con VIVE](#) en página 69.

Desde el panel de notificaciones de la ficha de VIVE, usted puede:

- Ver una llamada perdida o un mensaje de texto
- Ver un evento de calendario próximo
- Devolver la llamada a un contacto
- Responder con un mensaje de texto (solo usuarios de Android)

Editar o agregar respuestas a mensajes (usuarios de Android)

Si utiliza un teléfono Android, personalice los mensajes que puede enviar rápidamente a sus contactos.

1. En el teléfono, abra la aplicación Vive.
2. Pulse **:** > **Configuración**.
3. Pulse **Respuestas rápidas**.
4. Seleccione un mensaje predefinido para editar o pulse **+** para agregar un mensaje personalizado.

Desvincular el teléfono con VIVE

Solo puede utilizar un teléfono a la vez con el VIVE. Primero desvincule el teléfono actual si necesita utilizar otro teléfono con VIVE.

1. En el teléfono, abra la aplicación Vive.
2. Realice una de las siguientes acciones:
 - Usuarios de Android: Pulse **:** > **Configuración** y luego pulse **Desvincular**.
 - Usuarios de iOS: Cambie a la ficha Configuración y luego pulse **Olvidar este dispositivo**.



También puede desvincular el teléfono a través de la aplicación Vive en la computadora. En Teléfono en la ficha de Configuración, haga clic en **Desvincular**.

¿Qué tipos de notificaciones del teléfono puedo recibir en VIVE?

Mientras está en VR, puede recibir llamadas telefónicas, mensajes de texto y recordatorios de eventos de calendario. Para hacerlo, debe instalar la aplicación Vive en el teléfono y completar el proceso de vinculación con el sistema de VIVE. Puede elegir las notificaciones que desea recibir en la configuración de la aplicación Vive en el teléfono.

¿Puedo recibir notificaciones de más de un teléfono en VIVE?

En la actualidad, solo se admite un teléfono si desea recibir notificaciones mientras está en VR. Si desea utilizar otro teléfono con su VIVE, primero debe desvincular el teléfono anterior.

¿Qué funciones de la aplicación para teléfono de Vive no se admiten en la versión iOS?

Actualmente, editar o añadir respuestas personalizadas a llamadas o mensajes no está admitido en la versión de iOS de la aplicación.

SteamVR

Activar la cámara frontal

Necesita habilitar la configuración de la cámara frontal antes de poder usarla en modo de VR, como por ejemplo para mostrar su habitación real.

1. En la computadora, abra la aplicación SteamVR.
2. Haga clic en ▼ y seleccione **Configuración > Cámara**.
3. Haga clic en **Habilitar cámara**.
4. Cierre y vuelva a abrir la aplicación SteamVR.
5. Haga clic en ▼ y seleccione **Configuración > Cámara**.
6. Seleccione **Permitir cámara en Tablero de control**.

Buscar actualizaciones de firmware

Las actualizaciones de firmware incluyen mejoras de funciones y correcciones de errores.

1. Desde la computadora, realice una de las siguientes:
 - En la ventana de estado de SteamVR, desplace el mouse sobre cualquiera de los iconos de hardware para verificar si el firmware está desactualizado y luego seleccione actualizar el firmware.
 - En la aplicación SteamVR, haga clic en ▼ y luego haga clic en **Dispositivo > Actualizar firmware**.
2. Siga las indicaciones en la pantalla.

Si la actualización está destinada a los controladores o las estaciones base, se le pedirá que los conecte a la computadora con el cable micro USB.



Mientras las actualizaciones de firmware están en curso, no desconecte los cables micro USB o de alimentación que conectan el hardware con la computadora. Si lo hace, se podría producir un error de firmware.

¿Cómo puedo realizar capturas de pantalla en VR?

Mientras está en VR, presione el botón de Sistema y el disparador al mismo tiempo. Verá una notificación cuando se haya guardado la captura de pantalla.

Para encontrar la captura de pantalla en la computadora, navegue hacia la siguiente ruta:

```
\Steam\userdata\[Steam user number]\760\remote\250820\screenshots
```

¿Qué puedo hacer si experimento problemas con la aplicación SteamVR?

El problema puede deberse a archivos faltantes o corruptos en la aplicación SteamVR. Asegúrese de que la instalación está intacta.

1. En la computadora, cierre la aplicación SteamVR.
2. Abra la aplicación Steam y luego haga clic en **Biblioteca > Herramientas**.
3. Haga clic con el botón derecho en **SteamVR** y seleccione **Propiedades**.
4. Haga clic en la ficha **Archivos locales** y seleccione **Verificar integridad de caché de herramienta**.

Para mayor información, puede consultar la página [Resolución de problemas de SteamVR](#).

¿Cómo puedo resolver el Error 208 de SteamVR?

Si se le presenta el problema **Error 208 de SteamVR** (Monitor no encontrado), compruebe si la información sobre resolución de problemas en [¿Qué puedo hacer para solucionar problemas con el casco?](#) en página 40 puede solucionarlo.

Si tiene Windows 8 o una versión posterior, el problema puede deberse a mejoras en la configuración de administración de energía. Siga estos pasos como solución alternativa:

1. En la computadora, vaya a **Panel de control > Sistema y seguridad > Sistema**.
2. Haga clic en **Administrador de dispositivos** y luego haga clic para expandir la lista en **Controladores Bus de serie universal (USB)**.
3. Haga clic con el botón secundario en **USB Hub genérico** (puede haber más de uno con la misma etiqueta) y luego seleccione **Propiedades**.
4. Haga clic en la pestaña **Administración de energía** y luego desmarque la opción **Permitir que la computadora apague este dispositivo para ahorrar energía**.
5. Desconecte y vuelva a conectar el cable de alimentación en la Link Box.
6. Reinicie la aplicación SteamVR.

Para mayor información, puede consultar la página  [Resolución de problemas de SteamVR](#).

¿Cómo puedo seleccionar la opción de inclusión para SteamVR en Beta?

1. En la computadora, abra la aplicación Steam.
2. En Biblioteca, haga clic con el botón derecho en SteamVR y luego haga clic en **Propiedades**.
3. Seleccione la ficha Beta.
4. En la lista desplegable de Seleccione la versión en beta en la que desea ser incluido, seleccione **beta - Actualización de SteamVR en beta**.



Si prefiere no participar en el futuro, seleccione **Ninguno – Ser excluido de todos los programas en beta**.

5. Cierre la ventana y luego espere hasta que SteamVR termine de actualizarse.

Marcas comerciales y derechos de autor

©2018 HTC Corporation. Todos los derechos reservados.

Vive, el logotipo de Vive, HTC, el logotipo de HTC y todos los demás nombres de productos y servicios de HTC son marcas comerciales y/o marcas registradas de HTC Corporation y sus filiales en los EE.UU. y otros países.

Steam, el logotipo de Steam y SteamVR son marcas comerciales y/o marcas registradas de Valve Corporation en los EE.UU. y/u otros países.

Cualquier otra marca comercial o de servicio aquí mencionada, incluidos los nombres de empresa, productos, servicios y logotipos, son propiedad de sus respectivos propietarios y su utilización en este documento no indica una afiliación, asociación con ni aprobación de o por HTC Corporation. No todas las marcas enumeradas aparecen necesariamente en esta Guía para el usuario.

Las imágenes de pantallas existentes en este documento son simuladas. HTC no se responsabilizará de ningún error técnico o editorial ni de posibles omisiones existentes en este documento; tampoco se responsabilizará de daños fortuitos o resultantes del seguimiento de este material. La información se facilita "tal como está" sin garantía de ningún tipo y sujeta a cambios sin previo aviso. HTC también se reserva el derecho de revisar el contenido de este documento en cualquier momento y sin previo aviso.

Ninguna de las partes de este documento podrá reproducirse ni transmitirse de modo alguno ni a través de ningún medio, electrónico o mecánico, incluyendo el fotocopiado, grabación o almacenamiento en sistemas de recuperación; tampoco se podrá traducir a ningún idioma sin un permiso previo y por escrito de HTC.

Índice

A

A escala de habitación

- configurar 63

Actualizaciones de firmware 72

Aplicación del teléfono de Vive

- descargar 68
- desvincular 70
- vincular 69

C

Casco

- acerca de 7
- ajustar la distancia de las lentes 10
- ajustar la IPD 9
- colocar 9
- conectar un dispositivo USB 11
- cuidados del producto 34
- desenchufar los cables 12
- sustituir el apoyo nasal 14
- sustituir las almohadillas de contacto facial 13

Chaperone 68

Configuración

- cámara frontal 71
- Chaperone 68
- imagen de visualización en el casco 68

Controladores

- acerca de 54
- cargando 55
- colocar correas 56
- encender o apagar 55
- vincular con el casco 55

E

Estaciones base

- acerca de 46
- consejos de configuración 49
- instalar 47
- montaje con el kit 49

Experiencia de pie/sentado

- configurar 62

L

Link Box

- acerca de 16
- conectar el casco 16

N

Notificaciones del teléfono

- editar respuestas 70
- elegir 69
- recibir 69
- verificar 70

S

Sistema de Vive

- encender 64

Sujeción Deluxe de Vive con audio 19

T

Tablero de control del sistema 67