



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA  
NACIONAL**

*Educadora de educadores*

APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL ENFOCADA EN EL TRABAJO DE  
RESISTENCIA AERÓBICA PARA EL TREN SUPERIOR DEL CUERPO.

Faiber Rivera Mateus

Universidad Pedagógica Nacional.

Facultad de ciencia y tecnología.

Departamento de tecnología.

Bogotá D.C. 2022

APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL ENFOCADA EN EL TRABAJO DE  
RESISTENCIA AERÓBICA PARA EL TREN SUPERIOR DEL CUERPO.

Autor:

Faiber Rivera Mateus

Director:

Diego Mauricio Rivera Pinzón

Universidad Pedagógica Nacional.

Facultad de ciencia y tecnología.

Departamento de tecnología.

Bogotá D.C. 2022

## Agradecimientos

Le agradezco a Dios y todas las personas que hicieron parte de mi vida durante estos últimos años, como mi familia, amigos y profesores en especial al profesor Diego que confió en mí.

## Dedicatoria

Le dedicó este trabajo de grado a mis padres, pareja y amigos, quienes me motivaron durante esta etapa de mi vida.

## Tabla de contenido

Introducción .....	1
Planteamiento del Problema.....	2
Objetivos de la Investigación .....	4
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos.....	4
Justificación.....	4
Estado del Arte y Marco Conceptual .....	6
Estado del Arte .....	6
Marco Conceptual .....	9
Realidad .....	9
Realidad aumentada .....	10
Realidad virtual.....	10
Propiedades de las aplicaciones de realidad virtual.....	11
Realidad mixta.....	12
Resistencia Aeróbica .....	13
Movimientos de la resistencia aeróbica.....	13
Tonificación y pérdida de grasa.....	14
Uso de las ligas de resistencia en la tonificación.....	14
Uso de las ligas de resistencia con fines terapéuticos.....	15
Motor de Videojuegos .....	15
Unity 3D.....	16

Blender.....	16
Metodología.....	16
Desarrollo del Proyecto.....	19
Movimientos Corporales.....	19
Assets Implementados Dentro de la Aplicación.....	20
Licencias de los assets.....	20
Desarrollos en Blender.....	20
Modelos y animaciones.....	21
Exportación a Unity.....	22
Interfaz de Usuario.....	22
Menú principal.....	23
Menú de navegación y control dentro de los escenarios.....	24
Rayo Apuntador.....	25
Gestualidad en las Manos.....	26
Escenarios Creados.....	27
Calentamiento.....	27
Elaboración y creación de los movimientos de calentamiento.....	28
Elaboración y creación de los movimientos del tutorial.....	29
Mentalidad.....	33
Enfoque del desplazamiento a la hora de tomar objetos.....	34
Interacción con los objetos.....	35
Juego principal.....	36

Enemigos generados y obstáculos. ....	37
Implementación de las ligas en RV. ....	39
Implementación de mecanismo de interacción con la realidad. ....	40
Opciones .....	42
Configuración. ....	43
Resultados .....	44
Escena menú principal. ....	44
Escena de calentamiento. ....	45
Escena Mentalidad. ....	46
Juego Principal .....	47
Opciones.....	47
Uso de la aplicación .....	48
Conclusiones .....	51
Trabajos Futuros .....	52
Referencias.....	53
Anexos .....	56
Acceso a la revisión de aplicaciones SideQuest.....	56
Assets implementados en el proyecto .....	56
Música y efectos SFX implementada en el proyecto .....	59

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Modelo que muestra cómo se combinan los entornos reales y virtuales en realidad mixta</i> .....	10
<b>Figura 2</b> <i>Beat Saber aplicación de realidad virtual</i> .....	11
<b>Figura 3</b> <i>Realidad mixta</i> .....	13
<b>Figura 4</b> <i>Modelo de Ibot en Blender</i> .....	21
<b>Figura 5</b> <i>Modelo y armature de Ibot en Blender realizando la animación Idle</i> .....	21
<b>Figura 6</b> <i>Selección del modelo Ibot y su armature</i> .....	22
<b>Figura 7</b> <i>Menú principal vista inicial</i> .....	24
<b>Figura 8</b> <i>Interacción con el menú de navegación</i> .....	24
<b>Figura 9</b> <i>Despliegue del menú de navegación</i> .....	25
<b>Figura 10</b> <i>Activación del ray Interactor</i> .....	25
<b>Figura 11</b> <i>Uso del direct Interactor en el cubo verde y ray Interactor en el cubo rojo</i> .....	26
<b>Figura 12</b> <i>Manos cerradas simulando un puño</i> .....	26
<b>Figura 13</b> <i>Manos en posición de descanso o idle</i> .....	27
<b>Figura 14</b> <i>Manos en posición de selección</i> .....	27
<b>Figura 15</b> <i>Sistema de calentamiento paso 5 elevación de hombros</i> .....	28
<b>Figura 16</b> <i>Sistema de calentamiento paso 8 rotación de cadera con brazos extendidos</i> .....	28
<b>Figura 17</b> <i>Vista previa de las animaciones realizadas en Blender</i> .....	29
<b>Figura 18</b> <i>Bienvenida a la sección del tutorial</i> .....	29
<b>Figura 19</b> <i>Movimiento integrado de aceleración con su respectiva descripción de ejecución y acompañamiento de Ibot</i> .....	30
<b>Figura 20</b> <i>Animación de dirección diseñada en Blender</i> .....	30

<b>Figura 21</b> Animación de aceleración diseñada en Blender .....	31
<b>Figura 22</b> Animación de disparo realizada en Blender con el brazo izquierdo .....	31
<b>Figura 23</b> Animación de disparo realizada en Blender con el brazo derecho .....	32
<b>Figura 24</b> Animación de salto realizada en Blender.....	32
<b>Figura 25</b> Animación de disparo realizada en Blender .....	33
<b>Figura 26</b> Menú de mentalidad desarrollado .....	34
<b>Figura 27</b> Mecánica de agarrar los núcleos mientras caen .....	34
<b>Figura 28</b> Menú que aparece al perder las vidas en la escena de mentalidad.....	35
<b>Figura 29</b> Interacción con los núcleos y aumento de puntaje.....	35
<b>Figura 30</b> Vista superior de la nave controlada por el usuario en la escena principal .....	37
<b>Figura 31</b> Enemigo T-Rex atacando con la cola.....	38
<b>Figura 32</b> Enemigo Velociraptor saltando hacia el jugador .....	38
<b>Figura 33</b> Enemigo Triceratops atacando con los cuernos .....	39
<b>Figura 34</b> Líneas generadas en tiempo real que emulan las bandas de resistencia.....	40
<b>Figura 35</b> Opción número 1 para agarrar las bandas de resistencia, sujetadas por la mano del jugador .....	41
<b>Figura 36</b> Opción número 2 para agarrar las bandas de resistencia, sujetadas en la muñeca del jugador .....	41
<b>Figura 37</b> Opción número 3 para agarrar las bandas de resistencia, sujetadas por la muñeca del jugador .....	41
<b>Figura 38</b> Activación de la previsualización de las líneas generadas en tiempo real.....	43
<b>Figura 39</b> Ajuste con el gancho plástico a 0.4 metros o 40 centímetros .....	43
<b>Figura 40</b> Configuración de las ligas a una distancia de 0.4 metros o 40 centímetros .....	44



<b>Figura 41</b> <i>Logo Virtual Dynamic Move</i> .....	44
<b>Figura 42</b> <i>Interacción del usuario con el Menú principal</i> .....	45
<b>Figura 43</b> <i>Bienvenida al sistema de calentamiento</i> .....	46
<b>Figura 44</b> <i>Escena de mentalidad vista inicial al entrar a jugar</i> .....	46
<b>Figura 45</b> <i>Escena principal vista inicial al entrar a jugar</i> .....	47
<b>Figura 46</b> <i>Sistema de opciones con la configuración de ligas y reproducción auditiva</i> .....	48
<b>Figura 47</b> <i>Postura para realizar el salto en Virtual Dynamic Move</i> .....	48
<b>Figura 48</b> <i>Postura para acelerar en Virtual Dynamic Move</i> .....	49
<b>Figura 49</b> <i>Postura para agacharse en Virtual Dynamic Move</i> .....	49
<b>Figura 50</b> <i>Dirección en ambos sentidos</i> .....	50
<b>Figura 51</b> <i>Interacción con los diferentes menús integrados en la aplicación</i> .....	50
<b>Figura 52</b> <i>Ejemplificación de las aplicaciones revisadas en SideQuest</i> .....	56

Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Assets utilizados en el desarrollo de Virtual Dynamic Move</i> .....	57
<b>Tabla 2</b> <i>Música y efectos de sonido SFX implementados en el desarrollo de Virtual Dynamic Move</i> .....	59

## Introducción

El objetivo principal de este documento es detallar el proceso de desarrollo de una aplicación de realidad virtual (RV), implementando elementos físicos que la convertirían en realidad mixta, la cual fue pensada implementando movimientos de la resistencia aeróbica en acciones a realizar por el jugador, como una herramienta que ayude controlar el sobrepeso mientras la persona se encuentra dentro de un proceso de inmersión en RV, a fin de aprovechar la experiencia generada en el proceso de quema de calorías por la repetición de movimientos, los cuales son relativamente sencillos de ejecutar pero enfocados en la activación de músculos de tren superior del cuerpo. Esta aplicación tiene como nombre Virtual Dynamic Move y se basa en el uso de las gafas de RV MetaQuest 2, integrando en la escena principal del juego las bandas de resistencia como elemento físico que favorece a la activación muscular y protección de los tendones y tejidos blancos.

Esta aplicación se divide en tres secciones principales, la primera es el modo de calentamiento, con el cual se hace la invitación al usuario a realizar movimientos previos de rotación articular para acondicionar a los ligamentos, estos movimientos son guiados mediante una breve explicación sobre la correcta ejecución, así como recomendaciones y un compañero robótico de nombre Ibot, que ejemplifica de forma gráfica la acción a realizar, apoyando al estímulo visual que se puede obtener dentro de la escena. El calentamiento articular se enfoca en la prevención de complicaciones o problemas articulatorios que pongan en riesgo la integridad física del jugador debido al sobrepeso, algunas de las más comunes son la tendinitis y la bursitis, las cuales aparecen al desarrollarse la osteoartrosis como una patología previa causada por la obesidad.

La segunda sección principal se centra en generar movimientos de desplazamiento a lo largo de un espacio de dos metros de ancho por uno de largo, esta escena tiene por nombre mentalidad, donde el usuario debe atrapar el mayor número de objetos que caen desde cierta altura, evitando así que estos toquen el suelo, contando con una dificultad controlada que aumenta conforme más objetos se han tomado, así el usuario va adaptando sus movimientos de forma progresiva a las exigencias del nivel.

Por último, la sección número 3 consiste en un nivel que integra las ligas de resistencia para esquivar obstáculos y enemigos mientras se escapa de un laboratorio, se pensó de esta forma siguiendo la funcionalidad de los juegos de plataforma denominados Endless Runner, consistiendo en controlar una nave mediante movimientos que siguen los controles del jugador, sincronizando las bandas de resistencia como parte de un aumento en la dificultad en la jugabilidad del nivel, la implementación de las ligas de resistencia unidas a los movimientos de RA, haciendo que la experiencia sea más interactiva dentro de la aplicación activando regiones musculares como el core, cuya principal función es la de evitar movimientos excesivos en el desplazamiento o inclinación del cuerpo, también es la zona del abdomen donde se centra principalmente la acumulación de grasa en el cuerpo y por ende el crecimiento de tejido adiposo subcutáneo abdominal.

Cabe resaltar que el diseño de la aplicación Virtual Dynamic Move, no se centra en la función de pérdida de grasa corporal en las personas con obesidad o sobrepeso, tampoco considera un método novedoso de entrenamiento, se enfoca en el uso de la RV, como una estrategia que utiliza la experiencia estímulo-sensorial que ofrecen los sistemas y equipamiento de realidad virtual como las MetaQuest 2, implementando movimientos de RA con la finalidad de promover un estímulo a nivel muscular que pueda generar un déficit calórico, el cual debe de estar acompañado con un estilo de vida menos sedentario y una dieta definida por un nutriólogo o especialista.

### **Planteamiento del Problema**

El sobrepeso es una problemática en Colombia, con una tendencia al aumento en los índices de obesidad de la población desde el 2005 hasta el 2015, donde las mujeres entre los 18 a los 64 años tenían una estimación de sobrepeso del 59.6 %. Los hombres en el mismo rango de edad presentaron un índice de sobrepeso del 52.8 %, esto según las cifras de la Encuesta nacional de la situación nutricional (ENSIN). Se vinculó esta problemática al tiempo excesivo frente a las pantallas, unido al consumo de alimentos con azúcar o elevados en fructosa y la poca actividad física enfocada a la pérdida de grasa (ENSIN, 2015), como lo es la resistencia aeróbica.

Hay deportes que requieren equipos específicos con un costo elevado, ya sea para su implementación a nivel práctico o su uso a nivel personal, en términos de presupuesto estos costos demandan una inversión significativa, donde implica tanto la compra, como el mantenimiento de estos equipos y el espacio que es necesario para poder llevar a cabo la

actividad, tal es el caso de las caminadoras, máquinas para realizar dominadas, equipamiento para realizar elevaciones en banca, esto causa que pocos usuarios puedan acceder a estas prácticas de acondicionamiento físico. Además de las condiciones económicas, existen las condiciones temporales, dirigidas al tiempo requerido por el usuario para llevar a cabo sus rutinas de entrenamiento, teniendo en cuenta el desplazamiento al sitio donde realice su actividad física, como en un establecimiento equipado con las máquinas necesarias, un parque o espacio al aire libre, este último cuenta con un factor adicional relacionado a las condiciones climáticas.

La resistencia aeróbica se basa en los movimientos sencillos, que permitan a la persona que los realiza, mantener estos movimientos durante largos periodos de tiempo, obteniendo así un acondicionamiento físico como una parte añadida del entrenamiento en resistencia aeróbica. Dichos movimientos tienen como parámetros, el ser comunes para todas las personas o en su mayoría, es decir, que cuenten con una técnica de ejecución específica o fácil de aprender, que no excedan los rangos biomecánicos de los músculos para evitar las lesiones enfocándose en movimientos que se realizan diariamente y que son un fundamento para el desarrollo de aprendizaje motriz, dentro de estos movimientos se clasifican los desplazamientos, saltos, giros, lanzamientos, también aquellos movimientos que requieren coordinación y equilibrio como lanzar y atrapar una pelota en el aire.

“Se pueden tener problemas con las habilidades motoras gruesas a cualquier edad y por diferentes motivos. Si las dificultades comienzan a temprana edad, una causa común es el trastorno del desarrollo de la coordinación, dependemos de estas destrezas para realizar tareas importantes en la escuela, el trabajo y en la vida diaria” (Belsky, 2018)

La Realidad virtual brinda la posibilidad de generar un entorno virtual, el cual puede estar orientado hacia los movimientos de desplazamiento, giro, coordinación y equilibrio, siguiendo secuencias o realizando determinadas acciones donde el usuario recibe un estímulo, entre mayor sea el estímulo mayor será el aliciente entre el usuario y la aplicación.

## **Objetivos de la Investigación**

### ***Objetivo general***

- Desarrollar una aplicación de realidad virtual con movimientos repetitivos como giros, desplazamientos y tirones, trabajando así la resistencia aeróbica a través de un video juego.

### ***Objetivos específicos***

- Determinar los movimientos corporales de la resistencia aeróbica, a implementar en la aplicación de realidad virtual.
- Realizar la programación del video juego base en realidad virtual, el cual emula los movimientos que realizará el usuario, por medio de la inmersión.
- Diseñar una interfaz de usuario, que brinde la posibilidad de configurar y modificar características visuales del video juego, como la posición de las ligas.

## **Justificación**

Las aplicaciones de realidad virtual ofrecen la capacidad de generar una activación amplia en sentidos y entre mayor sea esta activación, mayor será la relación de percepción e inmersión del usuario, lo cual es un punto que favorece a las aplicaciones en el ámbito fitness basadas en la resistencia aeróbica, como una forma de combatir el sobrepeso y sedentarismo, donde se vincula esto al desarrollo de habilidades y destrezas, donde el enfoque se basa en los movimientos con altas repeticiones como una forma de generar un déficit calórico, estos deben ser sencillos de ejecutar y replicables, debido a que la resistencia aeróbica “favorece al desempeño de las actividades de la vida diaria, permitiendo ejercitar grupos musculares como las piernas y brazos, logrando así realizar actividades en las cuales se usan todas las partes del cuerpo, como caminar” (Villamizar, Saavedra Castelblanco, & Aguilar Bolívar, 2021). A su vez los movimientos aeróbicos aportan al entendimiento de una técnica específica o movimiento en particular, dentro de estos movimientos se encuentran desplazamiento, lanzamiento, saltar, caminar, girar, debido a que nos ofrecen una noción de espacialidad, también trabajan la coordinación y el equilibrio las cuales son fundamento para el desarrollo del aprendizaje motriz.

Se desarrolló una aplicación que funciona como un juego, donde su uso está centrado en las acciones realizadas por el usuario, con movimientos sencillos de ejecutar vinculados al entrenamiento de la resistencia aeróbica, evitando las lesiones por el uso de la aplicación mediante la implementación del sistema de calentamiento, donde el usuario cambie su posición y características concretas de los objetos dentro de la aplicación como el nivel de audio. El proyecto tiene como nombre Virtual Dynamic Move, el cual utiliza la resistencia aeróbica y los movimientos e interacciones a realizar dentro de esta aplicación, estimulando los sentidos (Visual, auditivo, tacto, coordinación y equilibrio) mediante la implementación de ligas de resistencia utilizadas en la escena principal del juego, las cuales se usan en acciones como estiramientos, movimientos de tirón o como terapia ante una lesión muscular. Se usan las ligas de tal forma que sean un elemento físico que estimule el tacto y permitan al usuario realizar ejercicios de tonificación muscular. Virtual Dynamic Move es una aplicación RV que funciona como un video juego que integra las “ligas” como elemento físico y movimientos sencillos de ejecutar, que van orientados a la motricidad, coordinación y equilibrio.

Dentro de la aplicación se da movilidad a una nave según los movimientos del usuario, acciones que le permitan atravesar niveles cada vez más complejos, haciendo que el juego sea inmersivo utilizando las interacciones que el usuario realiza, entre más lejos el usuario pueda llegar, mayor será el puntaje que genere, centrándose así en la repetición de los movimientos a ejecutar y que prolonguen los periodos de tiempo al usar la aplicación, la implementación de movimientos repetitivos durante largos periodos de tiempo son un factor que ayuda a la reducción del índice de grasa corporal, las acciones a realizar por el usuario se concentran en el tren superior del cuerpo, debido a que la grasa abdominal es uno de los principales puntos de localización de grasa que se pueden presentar, a su vez, la aplicación permite la reducción de costos a simplemente tener acceso a unas gafas de RV como lo es MetaQuest o MetaQuest 2, un espacio para jugar el cual no supera una zona de 2 metros de ancho por 1 metro de largo y las bandas de resistencia.

## Estado del Arte y Marco Conceptual

### Estado del Arte

La realidad virtual puede ser descrita de diferentes modos dependiendo del contexto en el cual se implementa, tanto para el entretenimiento, como para el desarrollo de conocimientos, esto también varía según los autores, los cuales definen a la RV según su aplicación o desempeño, para este trabajo de grado se tendrá en cuenta la definición dada por Levis (2004) el cual describe la función de la RV como:

“Un engaño a las percepciones y estímulos, una base de datos interactivos capaz de crear una simulación que implique a todos los sentidos, generada por un ordenador, explorable, visualizable y manipulable en “tiempo real” bajo la forma de imágenes y sonidos digitales, dando la sensación de presencia en el entorno informático” (pág. 4)

Teniendo en cuenta que el objetivo de una interfaz de realidad virtual es conseguir , “La inmersión completa de los canales sensomotores humanos en una experiencia vital generada por ordenador” (Biocca & Levy, 1995, pág. 17) se puede afirmar que, un entorno es considerado como RV, sí este es capaz de generar digitalmente un espacio tridimensional, en el que algún usuario se sienta presente y pueda interactuar intuitivamente y en “tiempo real” con los objetos que encuentren al interiormente de éste.

La sensación que se genera al momento de un usuario acceder a un entorno RV (inmersión), se evidencia en la forma cómo este interactúa con los objetos, también con el escenario o escena creados teniendo así un estímulo (visual, auditivo, táctil, muscular, etc.). Cuanto mayor sea la activación de los sentidos, los cuales se integren y estén enfocados en la experiencia de inmersión, mayor será el aliciente frente a dicha experiencia. Para que la inmersión sea considerada como realista, la escena de RV debe ser capaz de crear un atractivo sensorial, es decir capturar los sentidos del usuario experimentando así una variedad de sensaciones que lo hagan sentir cierto grado de “Realidad” o algo cercano a ella. También es importante, que el usuario pueda ver o tener alguna interacción como realizar gestos o movimientos dentro del entorno RV, una representación de alguna parte de su cuerpo (una o dos manos, brazos, cabeza, etc.) esto con el fin de tener una guía espacial del lugar donde se encuentra.



La tecnología de RV actual ofrece una gran gama de sensaciones, las cuales pueden tener inmerso al usuario durante horas en un espacio virtual, interactuando con avatares en tiempo real como por ejemplo la aplicación “Rec Room” desarrollada por Rec Room Inc, consiste en explorar un mundo abierto y socializar con otras personas, realizando actividades establecidas como una guerra de pintura, por el contrario, hay aplicativos de prácticas deportivas como es el caso del juego interactivo “Rezzil Player” desarrollado por Rezzil. Donde se pretende tener simulaciones centradas en la interactividad con objetos, con el fin de realizar entrenamientos que permitan el desarrollo de habilidades motoras que beneficien al usuario a realizar un deporte en concreto, contando así con un énfasis en (fútbol, basquetbol y beisbol).

Sousa, (2014) señala que la existencia de un buen aprendizaje motor, consiste en la preparación del cerebro mediante el desarrollo de la coordinación, haciendo ejercicios y movimientos específicos, para luego procesar un mayor conocimiento de la tarea a la cual nuestros movimientos están asociados.

Actualmente hay tiendas de aplicaciones RV, como SideQuest, las cuales permiten a los desarrolladores independientes o empresas exhibir sus aplicaciones o demos, con el fin de obtener reseñas y capturar al público, para luego vender el video juego terminado. Dentro de la rama “fitness” de estos juegos, se pueden encontrar desde simuladores de meditación hasta aplicaciones desarrolladas con la finalidad de que el usuario recorra paisajes determinados movilizándolo un vehículo impulsado por sus acciones (entre más te mueves, más puedes admirar el paisaje) tal es el caso de “Sling Surf” donde los movimientos del usuario hacen avanzar una embarcación, mientras se admira el paisaje de una isla.

Existen aplicaciones como Beat Saber dónde su jugabilidad se centra en realizar movimientos con “sables de luz”, para destruir cubos que son proyectados desde el infinito, a su vez el objetivo dentro de esta la aplicación es superar las distintas canciones obteniendo el puntaje más alto, el punto clave a destacar de Beat Saber, es que entre mayor y más veloz sea el movimiento al destruir los objetos, mayor es su puntuación, añadiendo su inmersión auditiva, y jugabilidad sencilla (destruir cubos y esquivar paredes), hace de Beat Saber un referente para aplicaciones fitness tales como : (Meu, Wonder!, BangSquash PRO, Dragon Fit, etc.), con mecánicas de uso similares agregando el seguimiento de movimientos, o gestos en particular que debe realizar el usuario. Por otro lado, aplicaciones como “Brisk Square”, incursionan en crear

un entorno virtual que exija al usuario (esquivar, disparar, cortar y utilizar poderes), como método de entretenimiento, haciendo que la inmersión del usuario sea alta y este no se percate que los movimientos que está realizando a cada segundo dentro del juego, los cuales son movimientos de acondicionamiento físico. Al ser un juego pensado para entretener, da la posibilidad al usuario de permanecer continuamente en movimiento, mientras obtiene una puntuación. El enfoque de diversión, hace que aplicaciones como Brisk sean tomadas como fitness por la demanda al usuario de moverse si desea obtener la puntuación más alta. La inmersión que se logra al momento de implementar una aplicación RV, si se observa desde el ámbito de acondicionamiento físico, una apuesta viable es generar un entorno de entretenimiento, donde el usuario no se percate demasiado en los movimientos que realiza, si no en un objetivo dentro del aplicativo como lo es generar el mayor puntaje posible. La industria de los videojuegos RV lo reconoce, pasando de un usuario de computadora sentado a un usuario de pie usando las gafas de RV con los controles. La experiencia del video juego debe ser tal que deseemos estar de pie jugando y no sentados.

Se pueden tomar como referencia dos aplicaciones enfocadas al movimiento constante del cuerpo, con movimientos aeróbicos, las cuales son “VRWorkout – Bootcamp”, la cual tiene mecánicas de seguimiento a esferas que se proyectan desde el infinito hasta el usuario, donde este debe realizar movimientos siguiendo una secuencia mientras realiza ejercicios, como abdominales, burpees, sentadillas, etc. Por otro lado, tenemos la aplicación “Andromeda Sports”, que consiste en esquivar obstáculos y competir online con otros jugadores para ver quien logra atravesar más rápido distintos niveles dentro del juego, con la particularidad de implementar las ligas de resistencia para usarlas como un elemento que acompaña a la experiencia de juego. Estas aplicaciones se basan en el principio de la resistencia aeróbica, el cual consiste en realizar repeticiones de un movimiento durante períodos de tiempo extensos con una intensidad media-baja, uniendo esto a la experiencia de inmersión, hacen que el usuario no se percate del tiempo empleado dentro de los juegos, lo cual es un aliciente que permite al usuario realizar más actividad física, logrando así un acondicionamiento físico atribuido a la resistencia aeróbica, la cual es una de las formas con las que se puede generar un déficit calórico, que permitiría combatir el sobrepeso a la vez que se juega en una aplicación RV, teniendo en cuenta, que un plan de entrenamiento convencional en resistencia aeróbica, que consiste en una fase de calentamiento articular y realización de los ejercicios, no se realiza una etapa de estiramiento

previo debido a que el enfoque está dirigido a realizar demasiadas repeticiones de un movimiento, por lo tanto, estirar genera un desgaste muscular, lo que a su vez condiciona la activación de los músculos, haciendo que estos no lleguen a dar su máximo rendimiento.

## **Marco Conceptual**

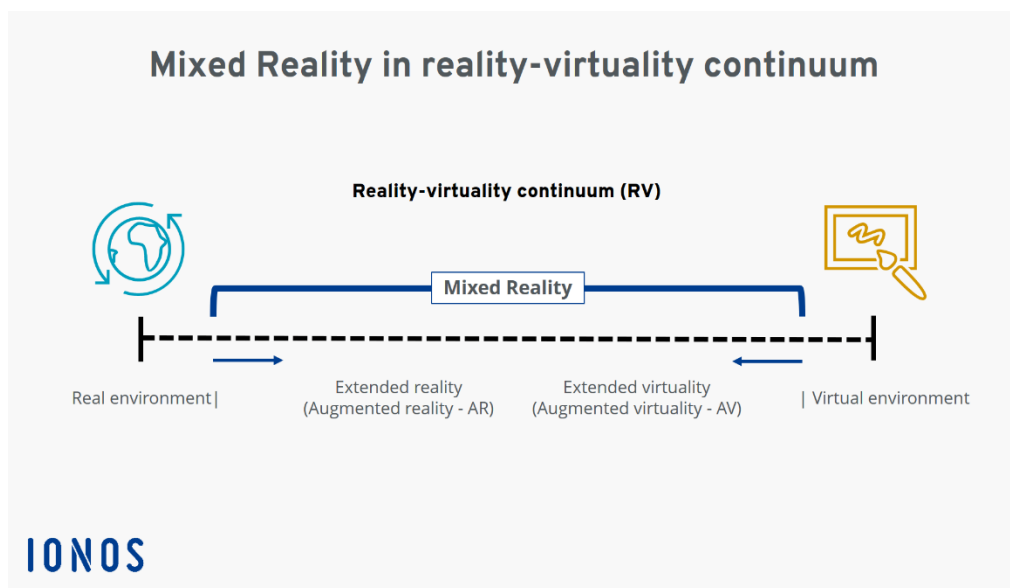
### ***Realidad***

Antes de definir los diferentes tipos de realidad, se debe primero entender qué implica el término de realidad, la cual contempla aquello realmente existe y se desarrolla, es decir, contiene su propia configuración, así como leyes que rigen las acciones dentro de esta, así como los resultados obtenidos y que se llevan a cabo. En este sentido, la realidad se distingue no sólo de todo lo aparente, imaginario y fantástico, sino, además, de lo que es solamente lógico (concebido dentro de la misma) (Rosental & Judin, 1965)

Aunque también es conocido como el continuo de la realidad-virtualidad, en donde se atiende como una recta existente que une dos puntos, en donde uno de ellos se conoce como real y el otro más orientado a lo virtual. Por lo que, en esta recta existe se mezclan las dos, originando un espacio de realidad y virtualidad entre sí. Cómo se muestra en la figura 1, en la parte izquierda es donde se ubica lo real y no existen los estímulos informáticos, y a medida que se va avanzando hacia la derecha, los elementos virtuales se van incorporando hasta tal punto que todos los estímulos son generados por computador, teniendo así, una mezcla la realidad y la virtualidad, a lo que se denota como realidad mixta. Por tanto, se crean tres categorías para clasificar el continuo de virtualidad, los cuales son: la realidad aumentada, realidad virtual y la realidad mixta.

**Figura 1**

*Modelo que muestra cómo se combinan los entornos reales y virtuales en realidad mixta*



**IONOS**  
 Nota. Adaptado de *Digital Guide Ionos* [Imagen], reality-virtuality continuum, 2020, Digital Guide Ionos (<https://www.ionos.com/digitalguide/online-marketing/online-sales/mixed-reality/>)

**Realidad aumentada.** La realidad aumentada comprende una percepción artificial de la realidad generada por un ordenador, en donde reúne elementos virtuales y reales, los cuales pueden potenciar las capacidades de nuestros sentidos. Se entiende también como la combinación de lo real y lo virtual en tiempo real y la ubicación en el mismo sistema de coordenadas 3D que la realidad, “hace referencia a la visualización directa o indirecta de elementos del mundo real combinados o aumentados con elementos virtuales, cuya fusión da lugar a la realidad mixta” (Cobo & Moravec, 2011, pág. 200).

**Realidad virtual.** Se tiene la definición de realidad virtual adaptada para este documento la cual se basa en las siguientes descripciones

- “La realidad virtual es una simulación que genera una computadora en 3D, en el cual el avatar o usuario puede ver y manipular el contenido, una de sus características es que genera una respuesta multisensorial e interactiva lo cual permite una sensación inmediata a lo real” (Guerra, 2012)

- “La realidad virtual es un sistema computacional que permite la creación de entornos artificiales por parte del usuario. En este tipo de entorno, es posible interactuar, navegar y sumergirse en un espacio tridimensional utilizando canales multisensoriales” (Cardoso, 2007)

Por lo tanto, la RV es una tecnología que permite sustituir el entorno que nos rodea, forma digital en espacios tridimensionales, en donde el usuario experimenta una inmersión en un mundo virtual. Esta inmersión, emula una experiencia sensorial completa dentro de un ambiente artificial, logrando una inhibición de la visión y en ocasiones del oído o el tacto, por lo tanto, permite “transportar” en tiempo real al usuario a un entorno generado por computadora, de forma tal, que este sea semejante tanto como sea posible al mundo real como se muestra en la figura 2.

## Figura 2

*Beat Saber aplicación de realidad virtual*



*Nota.* Adaptado de *Vida Extra* [Imagen], Vida Extra, 2022, Vida Extra

(<https://www.vidaextra.com/listas/mejores-juegos-realidad-virtual-que-puedes-jugar>)

**Propiedades de las aplicaciones de realidad virtual.** Se tomaron para este proyecto las siguientes propiedades de RV, las cuales están definidas por Cubillos (2020) siendo integradas dentro del desarrollo de Virtual Dynamic Move.

- Responde a la metáfora de “mundo” que contiene “objetos” y opera en base a reglas de juego que varían en flexibilidad dependiendo de su compromiso con la Inteligencia Artificial.
- Se expresa en lenguaje gráfico tridimensional.
- Hace del 3D una herramienta dinámica e interactiva.

- Permite vivir experiencias controladas.
- Da la posibilidad de tratamientos de desensibilización sistemática.
- Su comportamiento es dinámico y opera en tiempo real.
- Sus estímulos hacen real lo virtual
- Su operación está basada en la incorporación del usuario en el “interior” del medio computarizado.
- Su relación con el usuario hace que el aprendizaje sea más intenso.
- Requiere que, en principio, haya una “suspensión de la incredulidad” como recurso para lograr la integración del usuario al mundo virtual al que ingresa.
- Posee la capacidad de reaccionar ante el usuario, ofreciéndole, en su modalidad más avanzada, una experiencia inmersiva, interactiva y multisensorial.
- Puede ser utilizada en toda la industria de la capacitación y entrenamiento.
- Abre las alternativas donde el único límite es la imaginación del hombre.

**Realidad mixta.** La realidad mixta (RM) representa un concepto más complejo, dado que es la mezcla entre la realidad virtual y la aumentada, en donde no solo consiste en superponer información sobre el mundo real, sino lograr fusionar o implementar elementos del mundo físico con el mundo digital, la aplicación Eleven es un ejemplo de esto donde se acopla una raqueta del tenis de mesa ajustable al controlador del sistema de RV, emulando la sensación de poseer está, estimulando así el tacto y el aliciente del usuario al momento de interactuar dentro del entorno virtual, desde la estimulación visual como un efecto de la iluminación hasta llegar a tener un mundo indistinguible que mezcle lo físico y lo digital, de modo que permite interactuar con objetos reales dentro de un mundo virtual, dentro del proceso de inmersión en un mundo completamente virtual, o reproducir elementos virtuales en tu entorno real como se ilustra en la figura 3.

### Figura 3

*Realidad mixta.*



*Nota.* Adaptado de *Se prevé que la realidad mixta desbanque hasta a los móviles* [Imagen], Microsoft, 2021, Sacyr (<https://www.sacyr.com/-/gafas-de-realidad-mixta-el-impulso-final-a-la-eterna-promesa-tecnologica->)

### **Resistencia Aeróbica**

La resistencia aeróbica es la capacidad que tiene el cuerpo de realizar actividades físicas en largos periodos de tiempo disminuyendo el esfuerzo y la fatiga, esto gracias al aporte del oxígeno necesario para llevar a cabo el ejercicio. La resistencia aeróbica tiene diferentes beneficios en los cuales encontramos el fortalecimiento del corazón, mejoras en el sistema respiratorio, disminuye la posibilidad de padecer enfermedades como la hipertensión arterial, la obesidad y la diabetes tipo 2, debido a los procesos que se realizan

“La glucólisis es la vía metabólica encargada de oxidar la glucosa con la finalidad de obtener energía para la célula. Consiste en reacciones enzimáticas consecutivas que convierten a la glucosa en dos moléculas de piruvato, el cual es capaz de seguir otras vías metabólicas y así continuar entregando energía al organismo” (Cruz, Concha, & Álvarez).

Otro de sus beneficios es en la mejora del estado anímico, ya que al hacer ejercicios aeróbicos se liberan hormonas como la dopamina, las cuales ayudan a prevenir la depresión, estrés y ansiedad promoviendo a la mejora de la calidad de sueño.

**Movimientos de la resistencia aeróbica.** Es todo movimiento que requiere de media o alta intensidad de modo que pueden prolongarse durante periodos de tiempo extensos (Etece, 2022). Existen diferentes movimientos de resistencia aeróbica como lo son la natación es uno de

los ejercicios aeróbicos más exigentes, este fomenta la capacidad cardiaca y pulmonar, también se tienen los movimientos vinculados al baile, en estos movimientos se usan diferentes rutinas musculares, las cuales ejercitan la resistencia y coordinación, así mismo fomenta la capacidad respiratoria, las caminatas son un ejercicio bastante simple y de gran rendimiento aeróbico, sirve para quemar grasa y carbohidratos debido al estímulo muscular que se genera en el cuerpo, así mismo el correr como un patrón de movimiento aeróbico siendo de las actividades más completas para ganar resistencia y fortalecimiento muscular, promoviendo al estímulo de sistema cardíaco, todos estos movimientos se concentran en el desplazamiento utilizando la coordinación y equilibrio para el desarrollo de acondicionamiento físico.

**Tonificación y pérdida de grasa.** La tonificación es la capacidad que tiene el músculo para aumentar su tono muscular, donde el tono muscular hace referencia a la contracción permanente del músculo aun estando en reposo derivado de conexiones neuronales creadas a partir de un ejercicio o movimiento específico. Los ejercicios de fuerza y resistencia aeróbica son ideales para la pérdida de grasa corporal, debido a que se centran en altas repeticiones de patrones de movimiento sencillos de ejecutar, favoreciendo así la construcción de conexiones neuronales, también se adoptan como un tipo de cardio, por su implicación muscular y estimulación cardio-pulmonar.

“La pérdida de masa grasa como resultado de la restricción calórica y el entrenamiento de resistencia aeróbica parece que ocurre de forma más marcada en ciertas regiones del organismo. Así, parece que principalmente los depósitos de grasa visceral serían más susceptibles a la influencia del ejercicio y la restricción calórica, mientras que los efectos parecen menos claros sobre los depósitos sobre región femoral y glúteos” (Hansen, 2017, pág. 2)

Existen diferentes ejercicios que pueden ayudar a la pérdida de grasa, uno de ellos son las caminatas, las cuales contribuyen a un mayor gasto energético, energía contenida en los tejidos adiposos ayudando a la oxidación de grasas, es por esta razón se recomienda a los pacientes de obesidad o sobrepeso que caminan un promedio de 30 minutos a 1 hora.

**Uso de las ligas de resistencia en la tonificación.** Las ligas de resistencia ayudan a aumentar la fuerza y tonificar músculos como abdomen, piernas, espalda y glúteos debido a la resistencia que estas ejercen para que sea más difícil estirarlas, generando de esta manera un



estado de tensión muscular mediado por la activación, es decir que, movimientos que requieran una rotación de la cadera activando los músculos transversos del abdomen crearan un estado de tensión y de desestabilidad en el core lo que requiere a su vez una activación de recto abdominal en oposición al movimiento realizado, de esta manera es que las ligas de resistencia nos ayuda a trabajar diferentes grupos musculares, desde el tirón y empuje de esta, donde un factor clave en relación a dicho estiramiento mecánico está en la dirección en la que se extiende la liga y la resistencia que esta ofrece.

**Uso de las ligas de resistencia con fines terapéuticos.** Las ligas de resistencia son utilizadas normalmente en la fisioterapia en pacientes con lesiones musculares y pacientes en rehabilitación cardiaca para permitir una recuperación progresiva de la fuerza, debido a pérdida de tejido muscular luego de procesos quirúrgicos como las cirugías.

“Las bandas se fabricaron originalmente a partir de tubos quirúrgicos y los ejercicios realizados para la rehabilitación muscular, y el entrenamiento con bandas de resistencia ahora se usa ampliamente como parte del entrenamiento físico general y el entrenamiento de fuerza. Su flexibilidad de uso y peso ligero son una ventaja significativa para muchos usuarios” (Fisiotools, 2022)

Las ligas están clasificadas por colores, en donde cada una tiene un nivel de resistencia mayor al anterior. Un fisioterapeuta puede emplear ejercicios con ligas de resistencia para acelerar la recuperación de una lesión deportiva, el uso de ligas de resistencia tiene diversos beneficios a nivel fisioterapéutico, debido a que el uso de estas evitará dolor en las articulaciones y el deterioro del cartílago, los cuales son comunes en personas con sobrepeso debido a la presión sobre los tejidos articulares, también se tiene una resistencia exacta para los ejercicios, debido a que son excelentes para fortalecer los músculos y comenzar a reconstruir las áreas afectadas siempre y cuando sean los ejercicios adecuados, por último, un factor añadido a sus beneficios es su bajo costo, ya que son asequibles para los pacientes.

### ***Motor de Videojuegos***

Son un conjunto de herramientas de programación que ayudan al proceso de diseño y creación de un videojuego.

Según Ruelas (2017) sus funcionalidades más importantes a destacar, son el desarrollo de motor de físicas permite poder aplicar aproximaciones matemáticas a los videojuegos para

que tengan una percepción más realista con los objetos del entorno, como la gravedad y las colisiones presentes en la interacción entre objetos.

El motor de sonido siendo el encargado de las pistas, como la música reproducida en las escenas o los sonidos SFX los cuales son encargados de la ambientación y efectos especiales, modificar su tasa de bits, quitarlas de reproducción, sincronizarlas y demás, por último, el scripting el cual se centra en la generación de estándares de control dentro del entorno, como el movimiento del usuario y las interacciones que este puede realizar.

**Unity 3D.** Se trata de un motor multiplataforma de videojuego que permite la creación, diseño y el funcionamiento de un videojuego dando resultados profesionales, uno de los beneficios es que permite desarrollar videojuegos para diferentes plataformas como consolas, equipos móviles, en la web entre muchos más, lo cual lo hace un motor universal (Camacho, 2021), que además ahorra muchos costos para los programadores independientes, con una amplia gama de elementos los cuales se pueden agregar a la escena o plugins que permiten generar desarrollos más profundizados como XR Toolkit Integration, el cual cuenta con interacciones centradas en RV las cuales se centran en la selección y el agarre de objetos dentro del entorno virtual.

**Blender.** Se trata de una herramienta que “permite crear modelados en 3D, generación de texturizado, animaciones 3D, editar videos entre otras funciones. Además de ser un programa gratuito está disponible en múltiples plataformas como Windows, FreeBSD, Android, IRIX, Mac OS” (Blender, 2023), está teniendo compatibilidad con Unity dando la posibilidad de exportar proyectos estos siendo utilizados como un tipo Asset que permite la interacción como si fuera un objeto que compone una escena en un proyecto de Unity.

## Metodología

La metodología implementada para el desarrollo de Virtual Dynamic Move corresponde a la ramificación de metodologías ágiles. Para concluir con éxito la construcción de la propuesta presentada, siendo completamente funcional y garantizando interactividad en el proceso de inmersión. Virtual Dynamic Move se estableció como una aplicación que se enfoca en el usuario y en como interactúa con los diferentes entornos virtuales que componen al juego, la cual tuvo varios cambios en su estructura y planteamiento inicial, pasando de ser una aplicación que integraría un menú y juego principal a contener modalidades con sus propias dinámicas, como un

sistema de calentamiento o el modo de mentalidad dirigido a la movilidad y el desplazamiento dentro del entorno virtual, por lo tanto, una metodología ágil permitió afrontar de manera eficiente a los cambios en los productos en desarrollo, siendo una forma de ir alterando el resultado final esperado de la aplicación a medida que se presentaban cambios de funcionalidad o conceptos a implementar en cada etapa de progreso.

Se utilizó la metodología SCRUM, la cual toma como modelo de referencia a la metodología incremental, donde el producto deseado se planteó en diferentes funciones a integrar y las cuales se descompusieron en acciones cada vez más “pequeñas”, con el fin de establecer metas dentro del desarrollo de la aplicación que se fueron adaptando a los cambios constantes, generando así un proceso de Sprint con entregas regulares del proyecto evidenciando la implementación de cada acción por separado, lo que permitió abordar los diferentes problemas complejos que se presentaron al momento de realizar el testeó de la aplicación, en situaciones simples a resolver por separado, flexibilizando el obtener la funcionalidad requerida dentro de las diferentes escenas que componen al producto final, así como las dinámicas de uso y la intención que pretenden cada una de las partes de Virtual Dynamic Move, ya que aunque varían en cada una de ellas, a su vez, son un complemento al trabajo realizado y planeado dentro del juego principal, ya sea desde el sistema de calentamiento, que además de predisponer las articulaciones del usuario, también incluye el tutorial de los movimientos requeridos para jugar los cuales se diseñaron basados en patrones de movimientos de resistencia aeróbica, por otro lado, el menú de opciones siendo una parte que fortalece a los estímulos auditivos presentes en la aplicación y que permite configurar la interacción del usuario con las bandas de resistencia, como elemento físico e inmersivo.

El proceso realizado para generar este trabajo de grado se compone de 3 etapas, donde cada una de estas etapas tiene una razón del ser y un porqué de su procedencia, donde la primera etapa corresponde a una consulta en la página SideQuest acerca de las aplicaciones relacionadas con la actividad física, realizando así una categorización de las aplicaciones como lo son las aplicaciones de movilidad y control donde en estas el enfoque está en generar el mayor movimiento posible para realizar alguna acción dentro de las aplicaciones, otra categoría se centra en el entrenamiento y el seguimiento de los movimientos ejercidos por el usuario, su característica principal es que en estas aplicaciones el eje principal es realizar repeticiones de

ejercicios siguiendo un patrón de movimientos o alguna secuencia, cabe resaltar que algunos patrones son aleatorios, se generó una categoría de aplicaciones llamada Beat Saber, ya que este es el nombre de la aplicación más conocida del este género, consistiendo en notas que se proyectan desde el infinito hasta el jugador, donde se cortan objetos en un sentido específico al ritmo de la música lo que lo hace un entorno altamente inmersivo como aplicación del RV.

Donde se revisaron 120 aplicaciones enfocadas en el ámbito fitness con un propósito de actividad física o con la intención de desarrollar alguna habilidad, como lo son las aplicaciones establecidas en las categorías de simulación de deportes o simulación de instrumento. Cada aplicación fue probada en un mínimo del tiempo de 2 horas con el fin de poder obtener la mayor cantidad de información posible con respecto a los movimientos que implican y que el usuario en cuestión debe realizar para tener una interacción con el entorno RV o como réplica y simulación de un ejercicio. La segunda etapa del interés para el desarrollo de la aplicación fue la de seleccionar los movimientos que se realizará por parte de usuario en realidad virtual, adaptando estos a la resistencia aeróbica con la finalidad de obtener un entorno en el cual el jugador pueda realizar los movimientos con una ejecución sencilla y con dinámicas que le permitan generar un aliciente ante el uso de la aplicación, esto a su vez sirvió como un parámetro a seguir y establecer que la modalidad de juego principal sería Endless Runner aplicaciones sin un fin específico, donde se instancian de forma infinita niveles por los cuales el jugador atraviesa, dentro de este género de aplicaciones para móvil las más famosas son Subway Surfers y Jetpack Joyride, siguiendo el principio de jugabilidad del Beat Saber con el ajuste que en vez del ser objetos los que se dirigen al jugador, es el jugador quien se dirige a los objetos esto se planteó de esta manera ya que era un punto fuerte que buscaba el desplazamiento de jugador o que por lo menos lo incitará a realizar giros, implicando así la activación de las piernas o de la cadera.

Por último la tercera fase que fue relevante para el desarrollo de la aplicación fue generar una interfaz con un uso simple, la cual está presente en todos los modos de uso de la aplicación, de los cuales se habla con mayor detalle en las páginas siguientes dentro de este capítulo, los cuales son el menú principal, menú del calentamiento y tutorial el cual es opcional y se enfoca en mostrar al usuario los movimientos que controlan el juego principal el cual es otra escena dentro de la aplicación, se desarrolló un nivel al cual se le llamó mentalidad porque se enfoca en objetos

que caen desde el techo y los cuales el usuario no debe dejar caer y por ultimo un menú de opciones donde se modifican parámetros de la aplicación. A esta app desarrollada se le dio el nombre del “Virtual Dynamic Move”, en alusión a los movimientos dinámicos de la resistencia aeróbica, los cuales están presentes en las escenas de jugabilidad y por su enfoque en la realidad virtual como un medio para poder generar actividad física a través de un juego.

Se optó por el desarrollo de la aplicación implementando el motor de videojuegos Unity, contando con unas gafas MetaQuest 2 y una aplicación externa que permite la interacción entre el computador y el sistema de RV, la cual se llama MetaQuest Developer Hub, se estableció a Unity como motor para el desarrollo del “Virtual Dynamic Move”, por la cantidad de herramientas que ofrece al momento de realizar la aplicación, donde en primera instancia se optó por realizar la programación de funcionalidad implementando teclas del computador, para luego poder trasladar la programación a RV, se utilizó el plugin management de Unity llamado Toolkit el cual fue útil para desarrollar la interacción de usuario con los objetos, la creación de un XR Origin que simboliza al usuario como cámara principal dentro de la aplicación y por último para gestionar las acciones que el usuario ejecuta dentro de los escenarios y la navegación entre la aplicación por medio de los menús.

## **Desarrollo del Proyecto**

### **Movimientos Corporales**

Los movimientos corporales integrados dentro de la aplicación fueron diseñados luego de realizar la revisión de 120 aplicaciones de la página SideQuest. Vinculadas a la temática fitness, cada juego fue probado con un promedio de 2 a 3 horas, con la finalidad de reconocer los patrones de movimiento que el usuario debe recrear como dinámicas de jugabilidad. Se desarrolló una matriz la cual se encuentra revisando el Anexo 1, la cual contiene una sinapsis acerca de cada aplicación entorno a las acciones a ejecutar al momento de la inmersión, donde la jugabilidad de las aplicaciones como Beat saber de destruir objetos utilizando los controles del sistema de RV como espadas o puños, fue una de las principales y más repetidas mecánicas motoras enfocadas en el tren superior del cuerpo, por lo tanto, los movimientos de resistencia aeróbica repetitivos que impliquen la elevación de los brazos, la rotación de la cadera y flexión

parcial de las rodillas fueron las mecánicas a desarrollar dentro de Virtual Dynamic Move. La información detallada de cada uno de los movimientos se encuentra en el apartado de escenarios creados en la sección del calentamiento.

### **Assets Implementados Dentro de la Aplicación**

La aplicación cuenta con una cantidad total de 21 assets como se observa en el Anexo 2, estos se utilizaron para dar diseño a los escenarios dentro de la aplicación, los cuales se centra en dar un aliciente característico para el usuario, también como objetos de decoración y detalles para hacer más atractivo el uso del Virtual Dynamic Move como una aplicación que ayude a contrarrestar el sobrepeso mediante el uso de la resistencia aeróbica. Aunque los objetos estén integrados dentro de los Assets, los diseños de los espacios y niveles son de autoría propia, por lo tanto, no son tomados directamente sino creados a partir de los Assets.

### ***Licencias de los assets.***

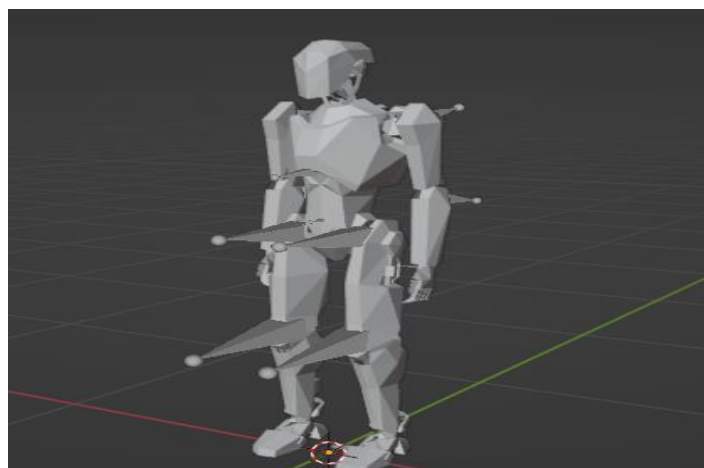
Las licencias de todos los paquetes de Assets son de tipo semi libres con restricción comercial, es decir que no se pueden usar para generar ganancias con la aplicación Virtual Dynamic Move a menos de que sea pagada la licencia comercial de los respectivos Assets, esta licencia también opta y da el beneficio a la persona que los emplean el dar la atribución correspondiente a el dueño.

### ***Desarrollos en Blender***

Se hizo uso de la aplicación Blender, para dar movimientos al modelo 3D que venía incluido en el asset IRobot. Se realizaron las animaciones de los diferentes escenarios, en especial las 12 acciones que componen el calentamiento y a las cuales se le añades 6 movimientos auxiliares para el tutorial, estas últimas incluyendo un modelo 3D de los controles como un detalle que diferencia la interacción entre el calentamiento y el tutorial. Se utilizó un robot como principal modelo para el desarrollo de las animaciones con la intención de que este sea un guía dentro de la aplicación y pueda ejemplificar de mejor forma las acciones a realizar por el usuario, así como las recomendaciones que son un parámetro para la correcta realización de movimientos o posturas dentro del menú de calentamiento.

**Figura 4**

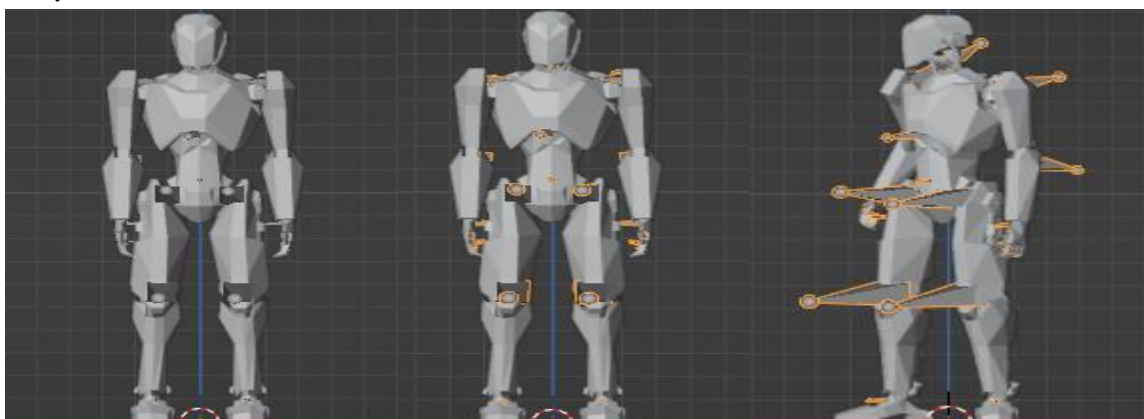
*Modelo de Ibot en Blender*



**Modelos y animaciones.** El modelo 3D implementado dentro de la aplicación se le conoce como Ibot, nombre que se le atribuye como representación a “Yo Robot”, cuya finalidad es representar de forma visual los movimientos articulatorios dentro del menú de calentamiento, para esto fue necesario definir las acciones con las cuales se animarían los escenarios, creando una postura básica de la cual parten la mayoría de interacciones del usuario con Ibot, siendo necesario crearle huesos dentro de la aplicación con la función de articular las piezas móviles, dando la posibilidad de deformar el modelo 3D y generar movimiento, el cual será integrado dentro de la estructura armature con la cual se le conoce al sistema de “Huesos”, dándole la capacidad al objeto de rotar y controlando dicha rotación es como se generaron las animaciones para los diferentes escenarios.

**Figura 5**

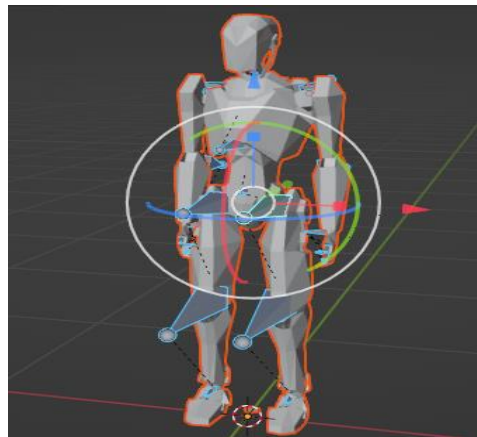
*Modelo y armature de Ibot en Blender realizando la animación Idle*



**Exportación a Unity.** Blender permite la exportación de los modelos con la extensión FBX, por lo tanto, una vez acabado el proceso de la definición de las animaciones realizadas, se exportan las animaciones con los ajustes pertinentes para que sean integrados en Unity los cuales cuentan, principalmente en hacer una selección del modelo 3D y de la armadura o sistema de huesos, resaltando la importancia de tener seleccionados el modelo del personaje y sus huesos que conforman “el armature”, de esta forma, serán exportadas las animación sin omitir ningún movimiento correspondiente a las articulaciones, es decir, si falta en la selección algún “hueso” en las animaciones exportadas a unity la parte del cuerpo que no fue elegida estará estática y sin ninguna afectación a su movimiento.

### Figura 6

*Selección del modelo Ibot y su armature*



### Interfaz de Usuario

Desde un inicio se planteó la posibilidad de realizar una interfaz del usuario que fuera sencilla de usar y que fuera parte de clave en el funcionamiento de la navegación dentro de la aplicación, de tal forma, que se establecieron tres parámetros los cuales fueron:

- Tener una letra que sea legible con el tamaño adecuado para poder representar etapas o estados dentro de las escenas, así como lo son el menú principal y el menú de pausa el cual permite al usuario cambiar de escenario o reiniciar en el que se encuentra, esta función mayormente utilizada por el entorno de mentalidad y del juego principal, debido a que funcionan con un sistema de pérdida de vida.



- Ser llamativos y con temática vinculada a la aplicación de tal forma que fuera fácil de reconocer y fácil de implementar así el usuario tendrá más información visual acerca de la aplicación.
- Tener objetos con los cuales interactúe el usuario como botones, cambios de tonalidades, y que permitiera al usuario realizar acciones de manera directa ya sea emulando el apretado del botón dentro de la realidad virtual, o por medio de rayos que den información al usuario de a donde están apuntando.

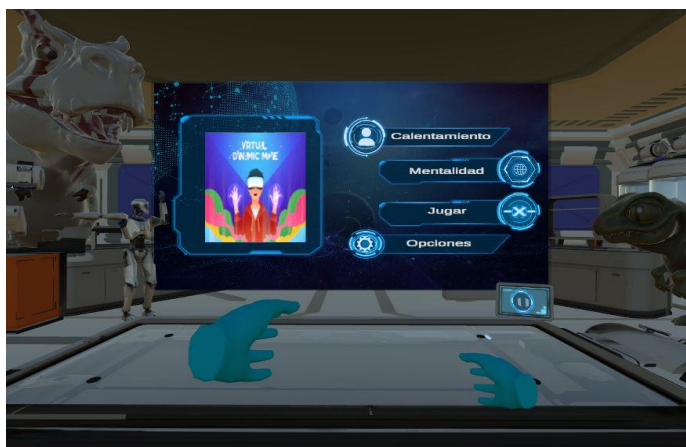
Estos parámetros mencionados anteriormente, fueron el resultado de la observación acerca de los menús y decoraciones, que se detallaron al momento del hacer la revisión de cada una de las 120 aplicaciones de la página SideQuest, donde se consideran un punto clave como concepto a trabajar dentro de las aplicaciones RV, debido a que son un fundamento para las interacciones que el usuario tiene con la aplicación, mejorando la calidad de la misma y facilitando el acceso a los procesos que se desean realizar dentro de la inmersión como parte de la experiencia en la aplicación.

### ***Menú principal***

El menú principal integra el logo característico de la aplicación, adicional a esto cuenta con el acceso a los otros modos o escenarios dentro del proyecto, la ambientación de laboratorio se une a la estética de robots junto a los enemigos de juego principal como lo son los dinosaurios que acompañan al momento de iniciar en la aplicación, los colores dentro del menú principal son opacos en tonos azules para que la información visual que tiene el usuario en este nivel no lo sature y sufra de mareos o malestar al ingresar a la aplicación, también utilizando el plugin Toolkit de Unity se desarrolló el apuntador láser que permite la interacción y el apuntado del jugador las tonalidades del este al entrar en interacción con el menú principal se activarán en color naranja siendo un distintivo que contrasta con los tonos azules.

**Figura 7**

*Menú principal vista inicial*

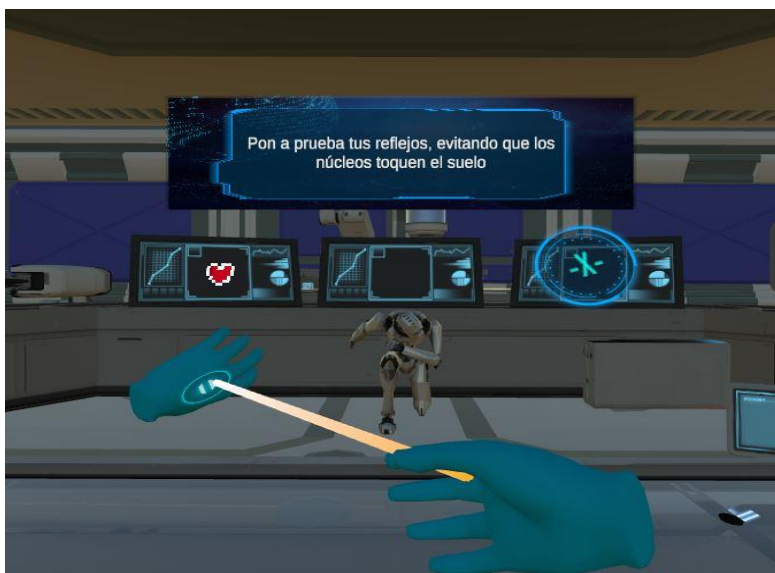


***Menú de navegación y control dentro de los escenarios.***

Se encuentra en todos los escenarios de la aplicación a excepción del menú principal, funcionando como un medio para pausar el juego a la vez que te da la posibilidad de reiniciar el nivel o cambiar de escenario. A este menú se puede acceder en la mano izquierda del jugador, es así que al señalar la mano izquierda con la mano derecha aparecerá el apuntador y solo será necesario seleccionar para pausar, otra función de este botón es la de reanudar la partida, así el progreso durante la escena no se perderá y esta seguirá con normalidad.

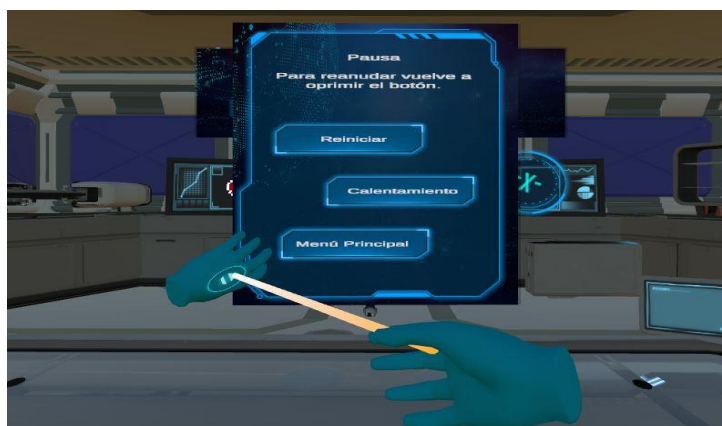
**Figura 8**

*Interacción con el menú de navegación*



## Figura 9

*Despliegue del menú de navegación*

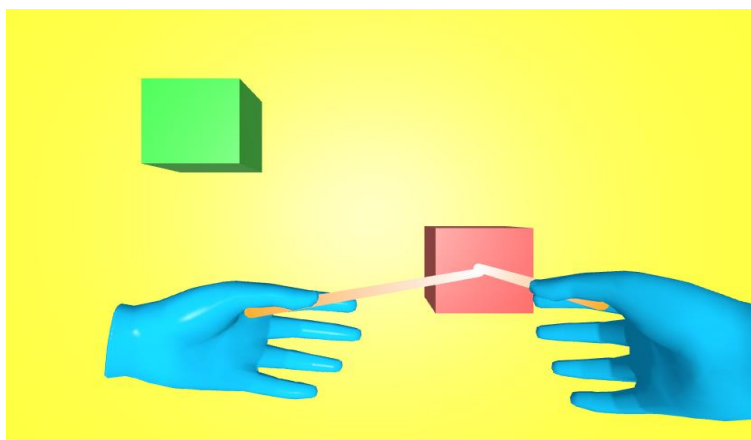


## Rayo Apuntador

Implementando el plugin Toolkit de Unity, con el cual se establecieron parámetros para las interacciones de jugador con los objetos de la escena, las interacciones son del tipo XR Direct Interactor (Interacciones directas), donde el jugador debe hacer la emulación de ya sea seleccionar o de agarrar el objeto al cual se le aplica la interacción, por otro lado está la interacción del tipo XR Ray Interactor (Interacciones por medio del rayo), estas permiten la activación de un haz de luz el cual proyecta la selección del jugador al igual que la interacción anterior permite agarrar o seleccionar objetos. Los menús utilizan XR Ray Interactor haciendo dinámica la forma de selección y navegación entre escenarios, la aplicación de XR Direct Interactor se utilizó para realizar en nivel de mentalidad de cual se detalla su funcionamiento más adelante en el documento.

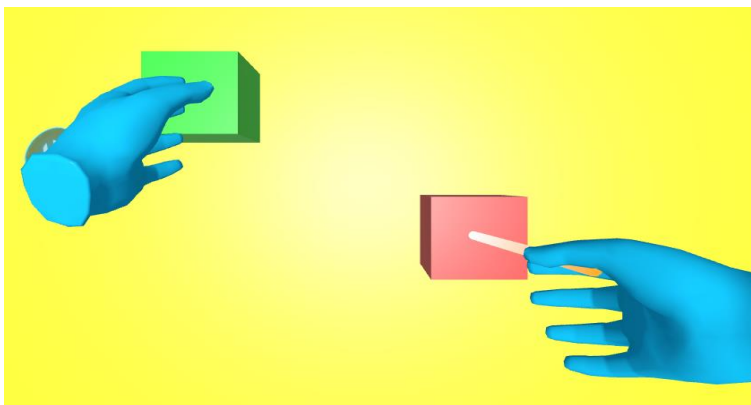
## Figura 10

*Activación del ray Interactor*



## Figura 11

*Uso del direct Interactor en el cubo verde y ray Interactor en el cubo rojo*

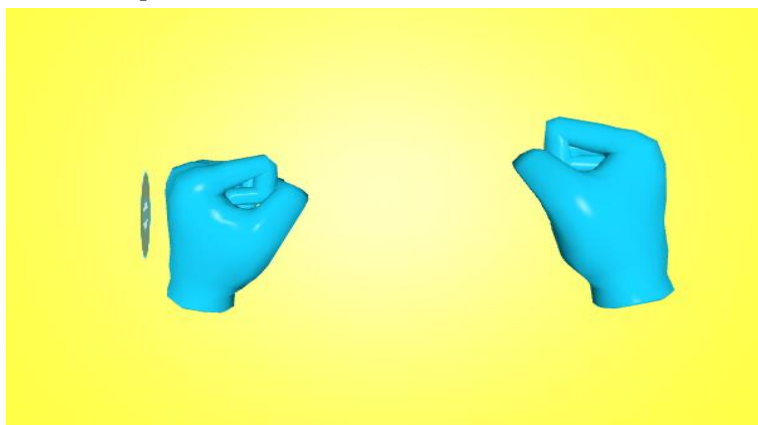


## Gestualidad en las Manos

La gestualidad es un elemento que ayuda a mejorar la experiencia dentro de las aplicaciones de realidad virtual, como una representación antropomórfica que se tiene al momento de realizar acciones con diferentes objetos, coordinando esta ya sea por medio de sensores los cuales están ubicados en los controles de las gafas reconociendo así si hay una cercanía de los dedos y convirtiendo a la representación dentro de la aplicación como un gesto característico o por el contrario se realizan dichos gestos al momento de oprimir los botones. Para el desarrollo del Virtual Dynamic Move se optó por la alternativa del presionar los botones implementando dos gestos, los cuales representan la selección y la toma de objetos, se desarrolló por código el control de dichas acciones, las cuales previamente se les genero animaciones dentro de Unity.

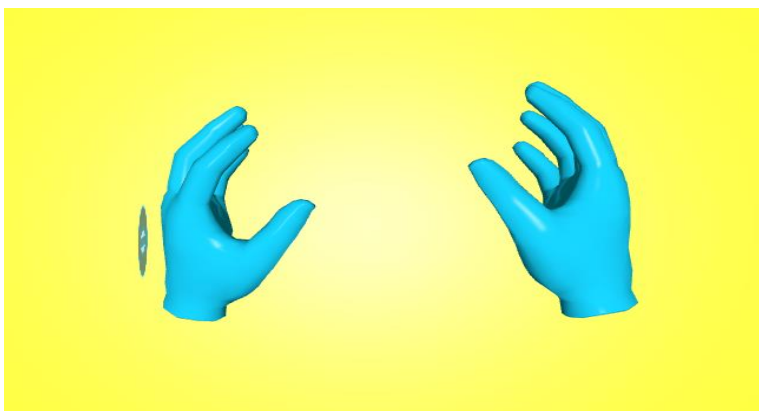
## Figura 12

*Manos cerradas simulando un puño*

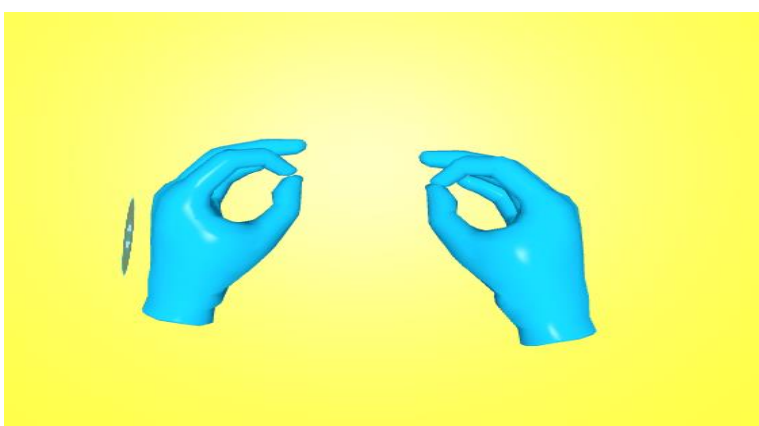


**Figura 13**

Manos en posición de descanso o idle

**Figura 14**

*Manos en posición de selección*



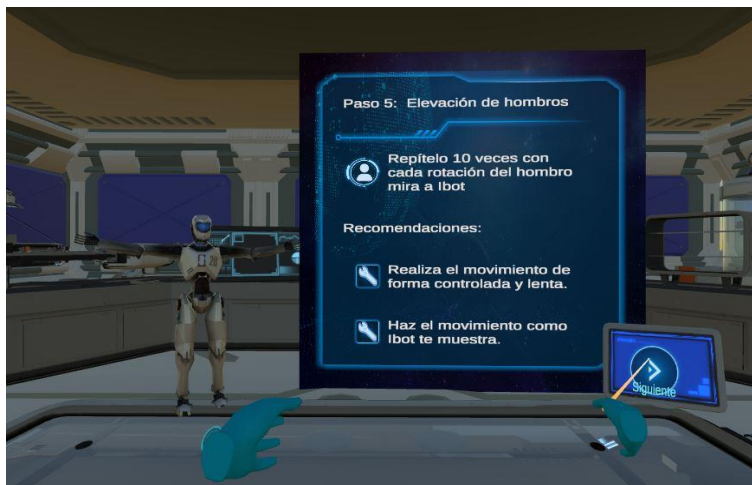
## Escenarios Creados

### *Calentamiento*

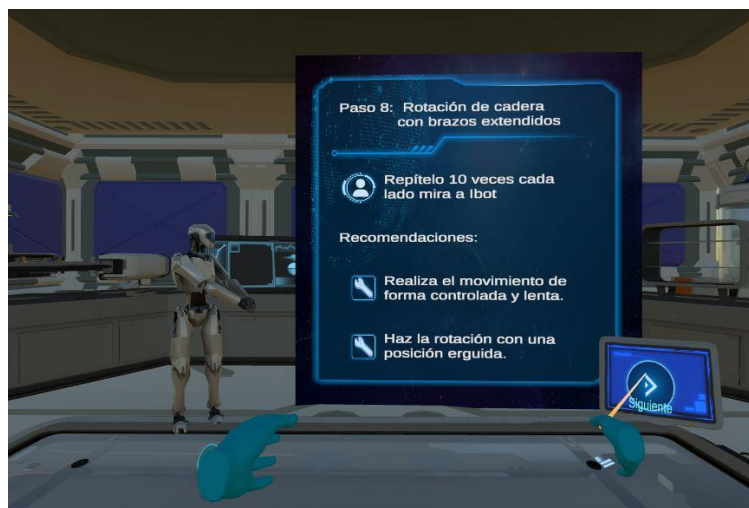
El sistema de calentamiento funciona de forma similar al menú principal, alternando entre distintos movimientos articulatorios al momento del que el usuario interactúe con la interfaz, estos constan de acciones de rotación en cuello, muñecas, codos, hombros, cadera, rodillas y tobillos. Cada uno de los movimientos tiene recomendaciones al momento de realizarlos, además de contar con la representación visual de Ibot donde ejemplifica cada ejercicio de calentamiento mostrando una correcta ejecución.

**Figura 15**

*Sistema de calentamiento paso 5 elevación de hombros*

**Figura 16**

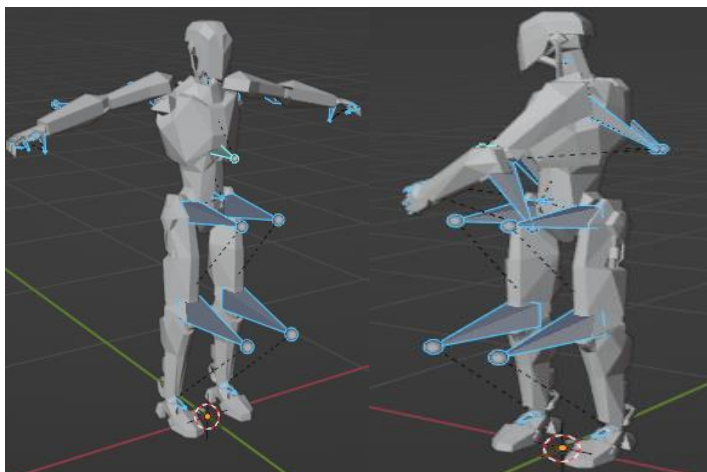
*Sistema de calentamiento paso 8 rotación de cadera con brazos extendidos*



**Elaboración y creación de los movimientos de calentamiento.** La elaboración de cada uno de los movimientos se basó en un calentamiento articular que implica rotaciones articulares, enfocando dicho calentamiento como una preparación a la actividad física que se pretende lograr con la aplicación mediante la implementación de la resistencia aeróbica, realizando tirones, empujes y desplazamientos durante el tiempo empleado en los niveles de mentalidad y del juego principal, es así que utilizando la herramienta Blender y el modelo de personaje Ibot, se animaron 12 interacciones.

## Figura 17

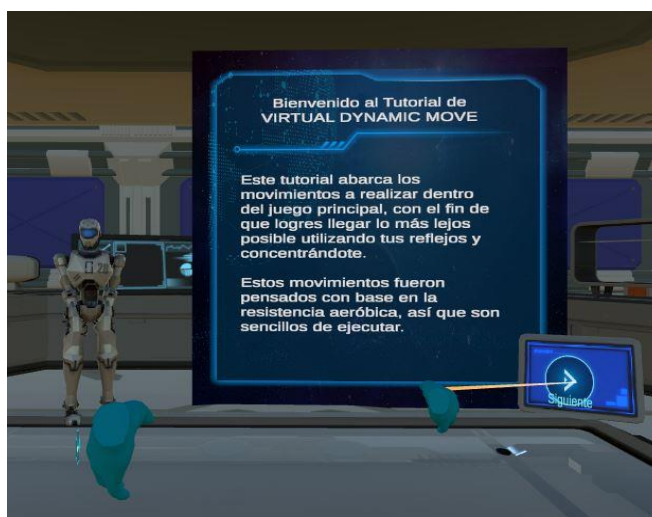
*Vista previa de las animaciones realizadas en Blender*



**Elaboración y creación de los movimientos del tutorial.** El tutorial se centró en dar prioridad a los movimientos a efectuar durante el nivel del juego principal, como un menú que es opcional para el usuario de la aplicación, esto se debe a que, si se dejaba el tutorial acompañando al juego principal, se estaría pausando la experiencia de inmersión, y cada vez que se desee jugar este estaría presente, así que se dejó como un añadido al cual se le puede omitir.

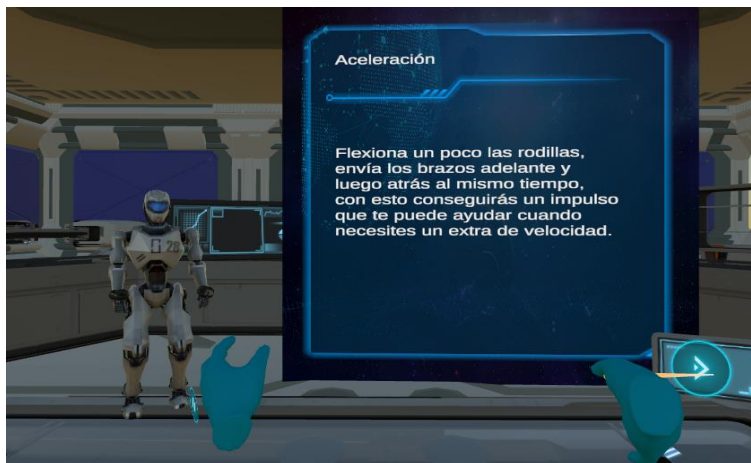
## Figura 18

*Bienvenida a la sección del tutorial*



## Figura 19

*Movimiento integrado de aceleración con su respectiva descripción de ejecución y acompañamiento de Ibot*

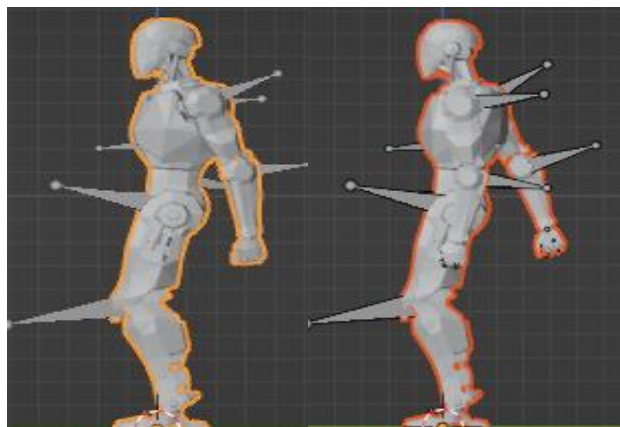


Compuesto por cinco movimientos los cuales tienen implicaciones en la resistencia aeróbica contando con una representación visual que muestra la forma correcta de realizar las acciones dentro del juego principal, estas son:

***Dirección.*** Enfocado en la activación de deltoides posterior, cadera y músculos del core como los oblicuos al ejercer una rotación hacia el lado al cual se quiere dirigir el jugador con el movimiento, se basa en un tirón de liga para tonificar músculos como el antebrazo y fortalecer las muñecas que también es utilizado es por eso que también es utilizado como movimiento de terapia al recuperar la fuerza y masa muscular perdida después de una cirugía.

## Figura 20

*Animación de dirección diseñada en Blender*

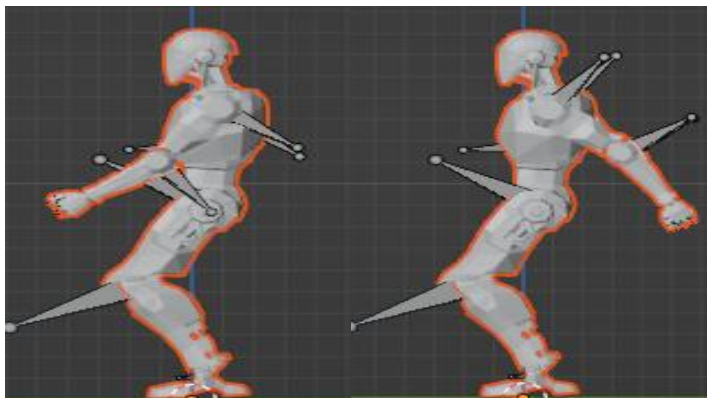




**Aceleración.** La aceleración la constituyen 2 movimientos uno del empuje y uno del tirón, donde la activación a nivel muscular es similar a la dirección, contando con la diferencia que el core no activará los oblicuos, debido a que la activación del core la realizará el recto abdominal como un estabilizador ante el movimiento.

### Figura 21

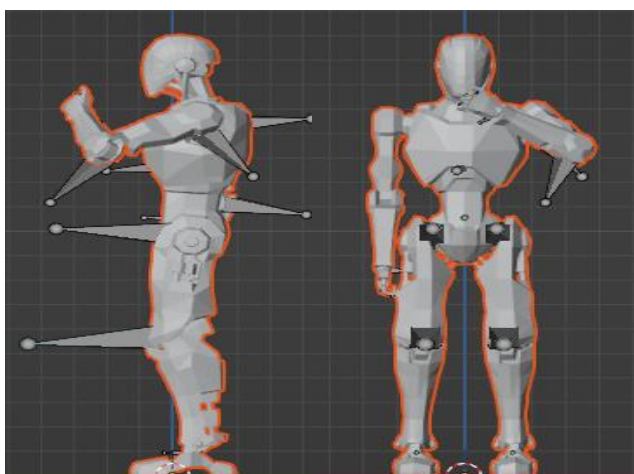
*Animación de aceleración diseñada en Blender*



**Disparo.** La acción de disparar se controla realizando un movimiento similar al curd de bíceps en martillo, llevando la mano hasta el pecho, el cual es considerado como un ejercicio del tiro con activación de los músculos en el brazo, como lo son el deltoides anterior, bíceps y antebrazo, para que el movimiento sea efectivo dentro del juego se realiza con un brazo a la vez.

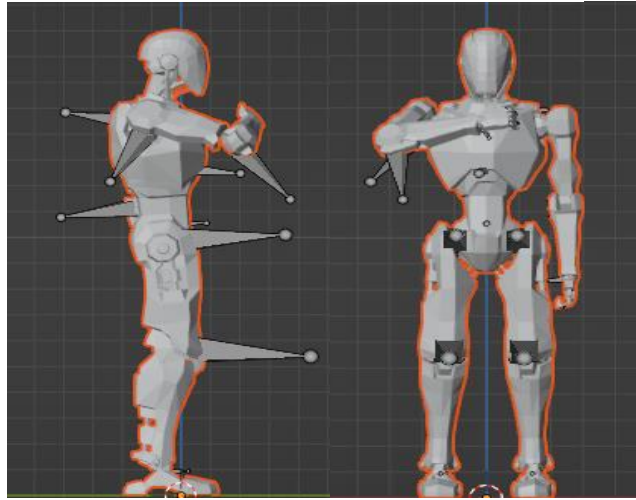
### Figura 22

*Animación de disparo realizada en Blender con el brazo izquierdo*



**Figura 23**

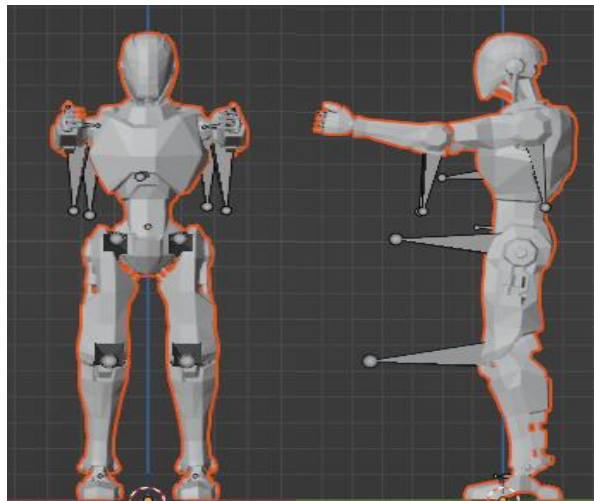
*Animación de disparo realizada en Blender con el brazo derecho*



**Saltar.** El salto está controlado por una extensión frontal de los hombros, resaltando que su ejecución no excede los  $90^\circ$  del hombro como ejercicio del tirón y empuje, se diseñó de esta forma pensando en la implementación de las bandas de resistencia, debido a que estas serán un objeto físico que servirán para interactuar con el usuario realizando un proceso de realidad mixta.

**Figura 24**

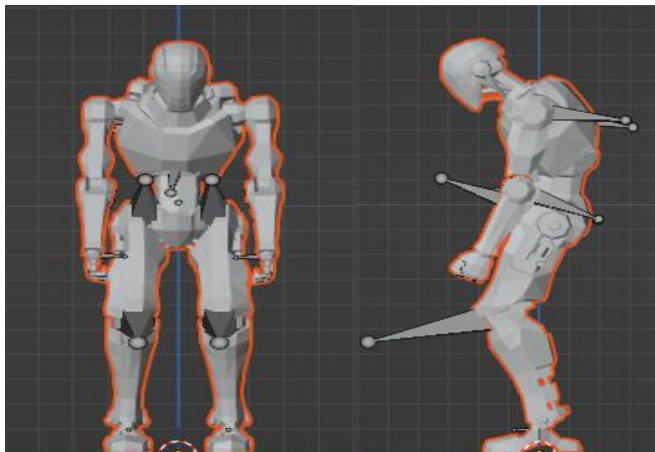
*Animación de salto realizada en Blender*



**Agacharse.** Esta mecánica del juego solo se podrá activar al momento de estar en el aire después de activar el salto, consistiendo en una sentadilla parcial, como ejercicio de empuje el cual cuenta con un rango parcial de ejecución con la finalidad de no desgastar las piernas, en el caso de tener una afectación de rodilla o rodillas.

## Figura 25

*Animación de disparo realizada en Blender*



## ***Mentalidad***

Existen 3 dinámicas relevantes dentro de la escena del mentalidad las cuales aportan a la jugabilidad y a la experiencia de inmersión dentro de las cuales se encuentra un sistema de vidas, el cual activará un menú que pausará el juego al momento de que el usuario deje caer 4 objetos dentro de la escena a los cuales se les conoce como “Núcleos”, dando la opción de reiniciar y superar el puntaje previamente alcanzado, la segunda dinámica se enfoca en un contador el cual irá aumentando cada vez que el jugador agarre con éxito un núcleo, para esto tendrá un margen de error debido a que puede tocar el núcleo en el aire pero no significa que ya lo tuvo en las manos, esto se controla mediante el botón lateral de las gafas de RV, cuando la gestualidad de agarrar las manos se vea activada sobre la colisión del objeto núcleo, por último, se añadieron 2 tipos de controles a la aparición de los núcleos los cuales serán instanciados por un contador de tiempo que disminuye pero a su vez una fuerza de impulso que aumentara, es decir a mayor número del núcleos agarrados con éxito por el jugador, estos aparecerán del forma más seguida y tendrán mayor velocidad al caer, siendo de forma ascendente la progresión a realizar por la obtención de más objetos alcanzados.

**Figura 26***Menú de mentalidad desarrollado*

**Enfoque del desplazamiento a la hora de tomar objetos.** Se invita al jugador a que realice el mayor puntaje posible a la hora de estar dentro del entorno de mentalidad, lo cual hace que tenga que desplazarse, cambiando su posición y orientación a la hora de estar inmerso en la escena, por lo tanto, a medida que la dificultad aumenta en la obtención de los núcleos mayor deberá ser el esfuerzo generado por el usuario para continuar aumentando su puntaje sin que pierda las cuatro vidas que desde el principio se le otorgan, realizando así movimientos corporales enfocados en desplazarse siendo esta una de las principales características de la RA, además de tener un enfoque de concentración y reflejos.

**Figura 27***Mecánica de agarrar los núcleos mientras caen*

**Interacción con los objetos.** Los objetos dentro de la escena se llaman núcleos una vez agarrados por el usuario estos desaparecen incrementando el puntaje general que tenga, el objetivo es obtener la mayor cantidad de núcleos sin que estos toquen el piso, si esto ocurre, el jugador perderá vida dentro de la escena, cuantos más núcleos el usuario agarra mayor será la velocidad con la que estos caen y menor será el tiempo que tardarán en aparecer haciendo que el nivel de mentalidad posea una dificultad progresiva, de esta forma se acondicionan a los músculos antes del llegar a una etapa donde los núcleos sean muy complicados de agarrar.

**Figura 28**

*Menú que aparece al perder las vidas en la escena de mentalidad*



**Figura 29**

*Interacción con los núcleos y aumento de puntaje*



### *Juego principal*

Dentro de la escena existen cuatro dinámicas que son fundamentales para dar vida al nivel de juego principal, la primera está relacionada a la lectura de la posición de los controles y los lentes, debido a que conocer estos datos permitió generar el control de acciones a su vez que las consecuencias que estas implican dentro de entorno, es así, que se generaron cinco estados uno para cada acción, los cuales se activan al identificar dónde se encuentran los controles con respecto a la posición de los lentes, el propósito de controlar la posición de esta forma se vincula a la altura del usuario debido que está al variar demasiado y no permitirá dentro de la aplicación realizar los movimientos correctos para acciones como saltar, disparar o agacharse, debido a que son acciones que son controladas por la altura y si fueran calibradas para una estatura en particular, tendría implicaciones como que una persona más baja a la calibración al momento del disparo tendría que subir aún más los brazos y en un momento de inmersión donde el movimiento de disparo se efectúa de manera rápida puede ocasionar riesgos, como golpearse a sí mismo, por otro lado, las personas con una estatura mayor no necesitarían de extender completamente los brazos con ángulo de 90°, lo que quitaría rango del movimiento al efectuar esta acción.

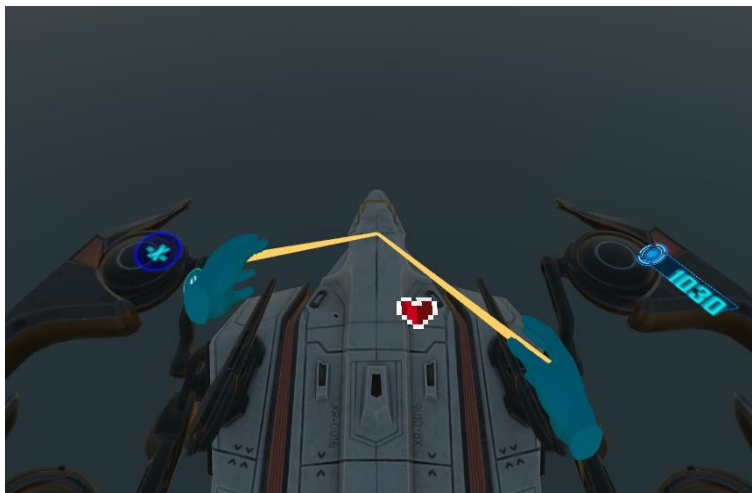
La segunda dinámica que permite el funcionamiento correcto de la aplicación es la interacción de la vida con respecto a la nave, debido a que ésta avanzara con una velocidad inicial relativamente baja, pero a medida que la distancia con el origen aumente cada mil puntos, la velocidad de la nave aumentará gradualmente, convirtiéndose así en un reto mantener intacta la nave conservando la salud del estado la cual solo permite 4 impactos ya sea con los enemigos o con los obstáculos presentes. La tercera dinámica de uso es la instancia o creación de GameObjects a los que se les conoce como plataformas pero son los pasillos por los cuales el usuario atraviesa, se generaron un total de 11 de las cuales una se utilizó como el inicio de juego en la cual no se presentan muchos cambios, las otras 10 se instancian de manera aleatoria con la finalidad de realizar un camino relativamente infinito donde el usuario ponga a prueba sus habilidades con una dificultad en aumento realizando los movimientos de control apropiados para que la nave sufra el menor daño posible.

La tercera dinámica es la creación de 2 líneas renderizadas en tiempo real, las cuales emulan el tirón y empuje de las ligas de resistencia como elementos físicos, es de esta forma en que la realidad virtual se torna realidad mixta al calibrar un elemento físico real con uno generado dentro del entorno, estas líneas se crean desde la parte superior de la nave hasta las manos del usuario. Se utilizó el menú de opciones para acomodar la posición de generación de las líneas en RV con relación a la distancia del soporte de las ligas de resistencia físicas, favorecen la inmersión del jugador, por lo tanto, al momento de generar una acción dentro de la aplicación las líneas en RV simulará el movimiento que se le da a las ligas en la realidad, siendo estas una mecánica de jugabilidad que ofrece un reto añadido para el jugador.

La última dinámica relevante dentro del juego principal, la cual está incluida dentro de las otras escenas es la implementación de audio, lo que hace que la experiencia dentro de la aplicación a la hora de jugar, sea más inmersiva contando con efectos del sonido, que se activan dependiendo de algunas acciones realizadas por el jugador, como por ejemplo si choca con algún obstáculo, si dispara, si golpea algún enemigo con la bala o si interactúa con los menús como el de pausa o el menú de reinicio.

### Figura 30

*Vista superior de la nave controlada por el usuario en la escena*

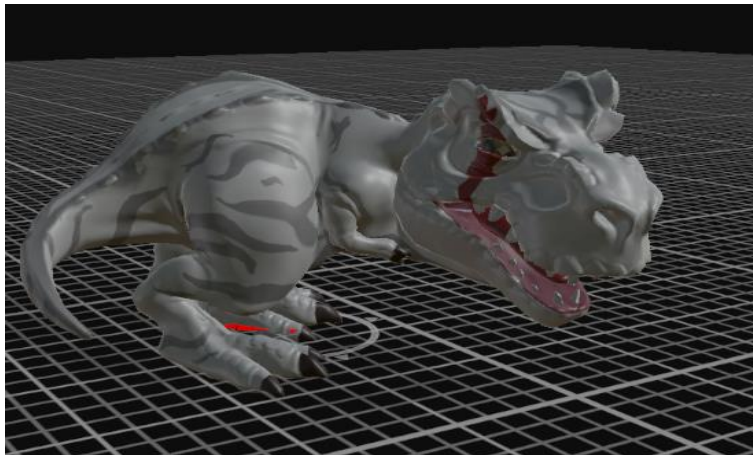


**Enemigos generados y obstáculos.** La aplicación se centra en la movilidad con movimientos de resistencia aeróbica, es decir que esta se centra en que el usuario se motive a recorrer la mayor distancia posible pero agregando dificultad cada vez que esta distancia aumenta, por lo tanto dentro de la historia de Virtual Dynamic Move como laboratorio el cual es

utilizado para la creación y clonación de dinosaurios se utilizaron tres modelos de enemigo, tomados de especies famosas como el T-Rex, Velociraptors o el Triceratops, los cuales fueron incluidos al proyecto por medio del Asset Toon Dinosaurs 1.4, el cual cuenta con licencia de uso estándar no comercial, conforme esto se realizó el paquete que incluía la información de uso para implementar los modelos y animaciones, no incluye las texturas para el T-Rex, por lo tanto, estas fueron creadas mediante la aplicación Blender cambiando su apariencia por completo al momento de ser animado dentro de Unity, una vez incluidos dentro del proyecto se utilizaron para cada enemigo cuatro animaciones, para dar dinamismo a la escena principal, dichas animaciones interactúan con el jugador dependiendo de la distancia a la que se encuentren del jugador, donde lo observaran, rugirán, correrán y atacarán al usuario quitando vida a la nave.

### **Figura 31**

*Enemigo T-Rex atacando con la cola*



### **Figura 32**

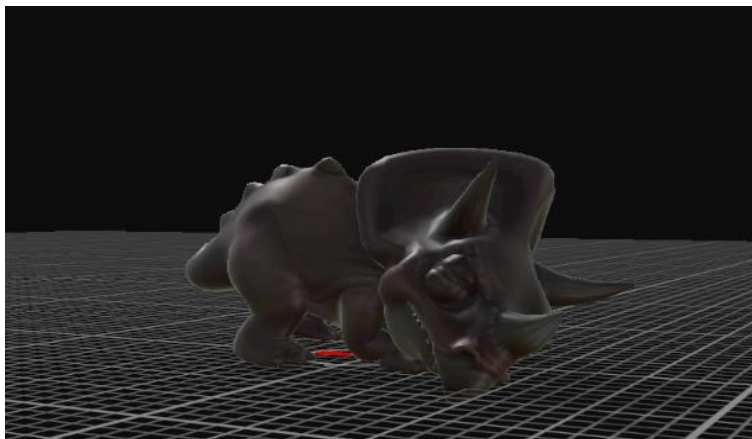
*Enemigo Velociraptor saltando hacia el jugador*





### Figura 33

*Enemigo Triceratops atacando con los cuernos*



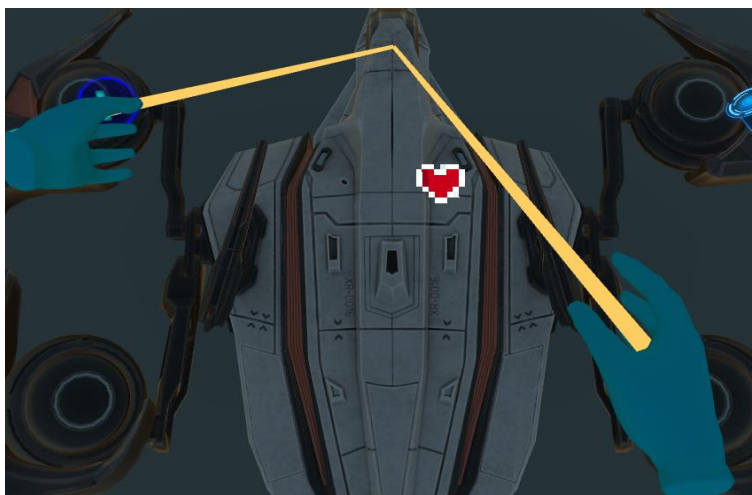
Los obstáculos los cuales fueron utilizados al implementar el asset SCI-FI Laboratory Props v1.1, se ubicaron en forma de escalera, por lo tanto, hacen la función de llevar al jugador a que necesite realizar una acción como el direccionamiento de la nave haciendo que esta gire o saltar para evitar chocar y perder vida, sus modelos y diseños se pensaron como acompañamiento a la estética de laboratorio, donde se tomaron como referencia tubos en los cuales hubieran sido generados los clones y estos escaparon, por lo tanto las cápsulas cumplen con este propósito, acompañadas de cajas las cuales le dan variedad a las plataformas al momento del ser recorridas por el jugador, se modificaron los materiales de emisión incluidos dentro del asset para que siguieran la estética de laboratorio y para evitar que la emisión de luz dentro de la escena en RV, consumiera recursos de procesamiento al visor debido al cálculo de luces en tiempo real que este debería hacer con cada componente que genera luz dentro de la escena, es debido a esto, que se eliminó la luz direccional que se crea por defecto en Unity al generar una escena nueva. Los materiales de emisión ayudaron a iluminar la escena acompañando a los materiales normales a los cuales se les dio un metalizado que enfoca la luz de mejor manera dentro del juego principal en Virtual Dynamic Move, optando por esta alternativa ya que si los materiales estaban en tonos mate dentro de la aplicación se verían muy opacos, oscuros o apagados, es gracias a los materiales de la emisión que se lograron cambiar algunos elementos que fueron la base iluminación en la aplicación.

**Implementación de las ligas en RV.** Como se mencionó anteriormente en el inciso de dinámicas dentro de la escena, las ligas que emulan las bandas de resistencia, fueron creadas

mediante scripts, implementando el componente render line el cual permite la generación de estas en tiempo real, es decir, varían según cómo varíe el origen o el fin de la línea, estos 2 parámetros se ven afectados de distinta forma dentro del juego principal, donde el origen se vincula a la posición relativa a las ligas de resistencia y la cual varía en el menú de opciones como una forma de calibración ante la sensación de emulación y control, por otro lado, cada movimiento de las manos que realice el jugador por más mínimo que sea dentro de la escena de juego principal afectará a la posición de final de la línea, esto con el fin de reflejar el movimiento en la realidad estirando o empujando la liga oponiéndose a su resistencia ya sea elevando las manos o llevándolas hacia atrás a su versión en RV.

### Figura 34

*Líneas generadas en tiempo real que emulan las bandas de resistencia*



**Implementación de mecanismo de interacción con la realidad.** El mecanismo de fijación de las bandas de resistencia con el suelo consiste en un gancho adhesivo de plástico, como principal elemento que conforma la interacción con las ligas y como elemento de referencia para realizar la calibración de las líneas dentro del juego que emulan los movimientos del jugador, también a esto se añade el acoplamiento que utilizan las bandas de resistencia para poder ser sujetadas de las cuales al momento de realizar las pruebas cada una tuvo un desempeño distinto siendo las siguientes opciones las que se tuvieron en cuenta.

**Figura 35**

*Opción número 1 para agarrar las bandas de resistencia, sujetadas por la mano del jugador*

**Figura 36**

*Opción número 2 para agarrar las bandas de resistencia, sujetadas en la muñeca del jugador*

**Figura 37**

*Opción número 3 para agarrar las bandas de resistencia, sujetadas por la muñeca del jugador*



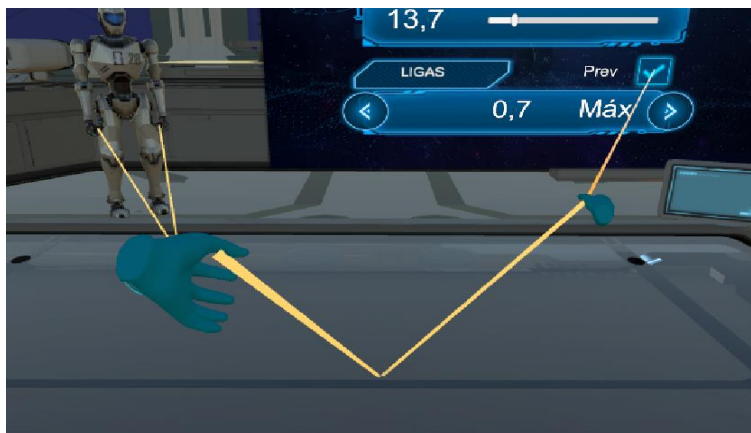
Se optó por utilizar la opción número 2 debido a las interacciones con los menús por parte del jugador lo que haría incómodo el tener que sujetar las ligas para poder tomar el controlador cada vez que se desea reiniciar el nivel o cambiar de escenario siendo una forma en la que se puede cometer un accidente, si se suelta la liga con el control unido a ésta, caso que está presente en las opciones 1 y 3 donde el control se encuentra directamente conectado a las bandas de resistencia, si el usuario llega a soltar el agarre en algún momento los arneses y las ligas están en tensión la integridad de los controles se ve comprometida, esto no sucede con el agarre número 2 debido a que las ligas se encuentran sujetas a la muñeca del jugador, además el agarre con respecto a la muñeca del usuario genera soporte al momento de realizar alguna acción, debido a la tensión de las ligas que ofrece una fuerza en dirección contraria a movimientos como la dirección, salto, aceleración y disparo. Donde no se compromete la integridad del control ante una eventualidad que se pueda presentar debido a que las ligas al estar sujetas directamente al gancho plástico en el suelo presentarán una tensión haciendo que el control sea expulsado como un proyectil, sí el jugador suelta el extremo de la banda que sujeta.

### ***Opciones***

La escena la componen tres dinámicas del control, donde se destaca la importancia de la configuración de las opciones, debido a que estas afectan al resto de las escenas como mentalidad, calentamiento y el juego principal. La primera dinámica consiste en el control de 2 deslizadores los cuales varían el volumen de los efectos de sonido, estos dentro de la aplicación se toman como sonidos que se reproducen con las interacciones realizadas por el usuario con otro elemento dentro de las diferentes escenas, también, se implementaron sonidos de ambientación se encuentran en el Anexo 3, que apoyan en el proceso de inmersión y los cuales tienen el propósito del ser acordes a la escena correspondiente. Se agregó un botón que permite activar y desactivar una previsualización de la distancia de las ligas con respecto al usuario, de tal manera que pueda servir como una guía a seguir al momento hacer coincidir la distancia de las líneas en RV con la distancia a la cual está posicionado el gancho adhesivo al que van sujetas las bandas de resistencia, se realizó este botón de previsualización con la intención de que las líneas no sean visibles en todo momento en que el jugador se encuentre dentro del menú de opciones.

### Figura 38

*Activación de la previsualización de las líneas generadas en tiempo real*



**Configuración.** La configuración se enfocó en poder sincronizar las líneas generadas dentro del entorno virtual, con las bandas de resistencia del tal forma que las líneas emulan los movimientos realizados en la realidad del tal forma que sirvan como un estímulo sensorial al usuario tanto visual como al tacto, estableciendo así la distancia a la que se encuentra el jugador con el punto en que se generan las líneas, por defecto dentro del juego principal esa distancia se establece como 60 cm en relación a la nave controlada por el jugador, pero esta se puede disminuir para usar las bandas de resistencia desde otros ángulos, que ofrecen menor resistencia al movimiento del usuario.

### Figura 39

*Ajuste con el gancho plástico a 0.4 metros o 40 centímetros*



## Figura 40

*Configuración de las ligas a una distancia de 0.4 metros o 40 centímetros*



## Resultados

### Escena menú principal.

Cumpliendo con su función de permitir la navegación a través de la aplicación el menú principal logra integrar elementos que hacen de esta escena interactiva con el usuario, como punto de partida para acceder al resto de contenido dentro del producto final, con el uso del Ray Interactor e integrando el logo de la aplicación como distintivo propio, el cual fue diseñado basándose en que Virtual Dynamic Move es un juego en RV que aprovecha su proceso de inmersión para realizar patrones de movimiento de resistencia aeróbica.

## Figura 41

*Logo Virtual Dynamic Move*



**Figura 42**

*Interacción del usuario con el Menú principal*



### **Escena de calentamiento.**

El sistema del calentamiento fue diseñado pensando en predisponer a las articulaciones para realizar actividad física, debido al énfasis de entrenamiento en resistencia aeróbica, donde las repeticiones son elevadas pero los movimientos son sencillos de realizar, por lo tanto el desgaste energético se notará a nivel articular más que a nivel muscular, sumado a esto las personas con sobrepeso tienden a manifestar dolores en las articulaciones debido a la presión que se ejerce sobre los tejidos articulares llegando a causar inflamación y en casos más agudos tendinitis, también se pueden presentar otros problemas de salud ligados al sobrepeso como la bursitis este problema se define como la hinchazón de la bursa, la cual es una bolsa serosa llena de fluido que se encuentra en algunas articulaciones como lo son la cadera, las rodillas, codos y los hombros, la bursa tiene la función de proteger a los músculos y tendones ante los deslizamientos óseos reduciendo la fricción al momento de realizar un movimiento articular.

**Figura 43**

*Bienvenida al sistema de calentamiento*

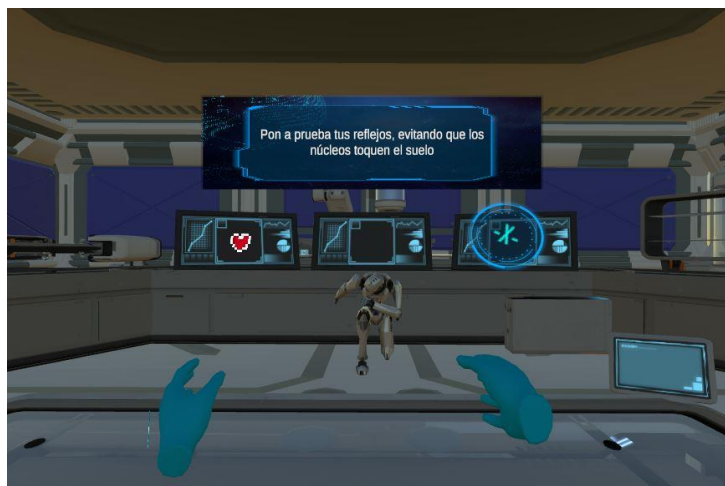


### **Escena Mentalidad.**

Mentalidad está basado en mecanismos que ponen a prueba tus reflejos dejando caer objetos los cuales se deben agarrar antes de que toquen el suelo o se acabe un tiempo límite, se adaptó dicho mecánica en realidad virtual con cápsulas que se instancian desde una altura considerable con el objetivo de lograr agarrar la mayor cantidad de objetos, el área desde la cual se dejan caer los objetos tiene medidas del dos metros de ancho por un metro de largo, es decir es necesaria una zona de dos metros cuadrados para poder realizar la actividad sin complicaciones, el propósito de esta zona del juego se define por promover el desplazamiento de usuario, a su vez, que agarra los objetos que caen y pone a prueba sus reflejos.

**Figura 44**

*Escena de mentalidad vista inicial al entrar a jugar*



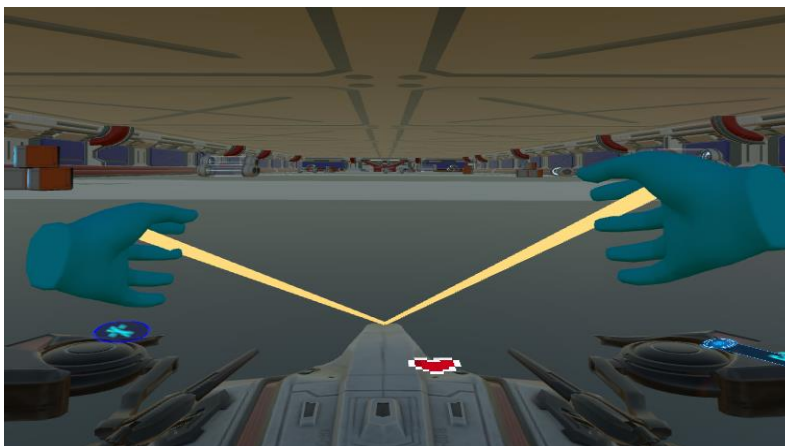


## Juego Principal

El juego principal consiste en realizar continuamente los movimientos de resistencia aeróbica generados mediante la aplicación Blender y llevados a cabo en el tutorial, estos ayudan a controlar la nave que transporta al jugador a lo largo de los escenarios 11 escenarios que se crearon para este entorno, los cuales al estar ambientados en un laboratorio, este concepto se convirtió en la base para definir a los enemigos principales como dinosaurios, con la finalidad de pretender que fueron creados dentro del mismo laboratorio y del cual el jugador debe escapar, esquivando los obstáculos que se encuentran, como cápsulas rotas, cápsulas donde se realizaba la clonación de las distintas especies de dinosaurios como triceratops, velociraptors y tiranosaurios rex, estos fueron tomados del asset Toon Dinosaurs 1.4 y se encuentran distribuidos por el mapa, al detectar al jugador estos atacaran.

### Figura 45

*Escena principal vista inicial al entrar a jugar*



## Opciones

El menú de opciones busca dar solución al objetivo específico número 3, permitiendo la configuración del audio como lo es la música del entorno y los efectos especiales los cuales fueron tomados de las páginas Bensound y Zapsplat con licencia gratuita de uso contando con la restricción de hacer mención y dar atribución de derechos de autor, como se realizó en el Anexo 3, por otro lado, extiende el proceso de inmersión dentro de la aplicación permitiendo controlar la distancia del gancho adhesivo del plástico en el suelo como sujetador de las bandas de

resistencia y el jugador específicamente la posición donde se encuentran los controles de las gafas de RV.

### Figura 46

*Sistema de opciones con la configuración de ligas y reproducción auditiva*



### Uso de la aplicación

En esta sección se ejemplifica el funcionamiento de la aplicación al momento de interactuar con la aplicación en el juego principal.

### Figura 47

*Postura para realizar el salto en Virtual Dynamic Move*



**Figura 48**

*Postura para acelerar en Virtual Dynamic Move*

**Figura 49**

*Postura para agacharse en Virtual Dynamic Move*



**Figura 50**

*Dirección en ambos sentidos*

**Figura 51**

*Interacción con los diferentes menús integrados en la aplicación*



## Conclusiones

Virtual Dynamic Move fue diseñada y desarrollada como una aplicación de realidad virtual, enfocada en el trabajo de la resistencia aeróbica, para el tren superior del cuerpo y utilizada por personas con condición de sobrepeso como una herramienta que les permitiera realizar actividad física a través de un juego, incorporando elementos físicos como las ligas de resistencia dentro de un entorno generado por computadora, por lo tanto, a manera de conclusión se llegó que:

- Se llevo a cabo el desarrollo de Virtual Dynamic Move como una aplicación de realidad virtual con movimientos repetitivos como giros, desplazamientos y tirones, los cuales están mediados en las acciones y patrones de movimiento a realizar dentro de las escenas que componen el juego, trabajando así la resistencia aeróbica a través del proceso de inmersión, enfocado para las personas con sobrepeso.
- Los movimientos corporales de la resistencia aeróbica se determinaron mediante la consulta y uso de las 120 aplicaciones de realidad virtual, realizando una sinapsis de su funcionalidad, con la finalidad de reconocer que patrones de movimiento crear, siendo así que se desarrolló un sistema de lectura de movimiento en los controles con la dependencia de la posición de las gafas, de esta forma es que se controlan las acciones dentro del juego principal.
- Se realizó la programación de la aplicación en el tiempo establecido, utilizando la metodología SCRUM, donde Virtual Dynamic Move cambio de rumbo durante varias etapas del desarrollo, es así, que se llegó a un resultado superior al esperado diseñando una aplicación que no solo es menú que integra un nivel principal. Virtual Dynamic Move actualmente es un juego de realidad virtual que reúne varias etapas para hacer de la experiencia de inmersión lo más interactiva posible, con escenas como el calentamiento y mentalidad.
- Se diseñó una interfaz de usuario, que brinda la posibilidad de configurar y modificar características visuales del video juego, como la posición desde las ligas, además de eso se añadieron características auditivas que también son modificables desde el menú de

opciones para todo el juego, haciendo de la experiencia al jugar Virtual Dynamic Move más inmersiva, por el estímulo adicional y activación del sentido del oído.

- La aplicación cumple con los objetivos integrando estímulos variados, con elementos que pueden llevar a Virtual Dynamic Move a que explore otros campos de conocimiento o que añada más contenido como un menú propio para realizar terapias ante lesiones o la comprobación misma de su funcionalidad en las personas con sobrepeso, lo cual hace a este juego versátil al momento de realizar expansiones futuras de su alcance.

### **Trabajos Futuros**

Virtual Dynamic Move es una aplicación que cumplió con los requerimientos y parámetros establecidos que la delimitaron desde un inicio, pero explorar nuevas alternativas de uso e implementarlas es algo que realizare para la aplicación, también, esta como plan futuro implementar un nuevo sistema de ajuste al gancho plástico el cual compone el sistema de agarre, ya sea utilizando un sensor que detecte la posición a la cual es usuario fijo el gancho y automáticamente cree dentro del entorno una referencia que instancia las líneas que emulan las bandas de resistencia.

## Referencias

- Belsky, G. (2018). ¿Qué són las habilidades motoras gruesas? *understood*, 10.
- Bernal, J. C. (2019). *SIMULACIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Pedagógica:  
<http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12000/TE-24059.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Biocca, F., & Levy, M. R. (1995). *Communication in the age of virtual reality*.
- Blender. (04 de 01 de 2023). *Blender*. Obtenido de  
[https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting\\_started/about/introduction.html](https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting_started/about/introduction.html)
- Camacho, D. (2021). *Platzi*. Obtenido de Platzi: <https://platzi.com/blog/que-es-unity-motor-videojuegos/>
- Cardoso, A. (2007). *Tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada*. Universitária UFPE.
- Cobo, C., & Moravec, J. W. (2011). *APRENDIZAJE INVISIBLE HACIA UNA NUEVA ECOLOGÍA DE LA EDUCACIÓN*. Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Cruz, M. G., Concha, F. A., & Álvarez, J. C. (s.f.). Estudio de la resistencia aerobia en el equipo reserva del Barcelona sportin club. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. , 2017.
- Cubillos, M. L. (05 de 09 de 2020). *CARACTERÍSTICAS DE LA REALIDAD VIRTUAL*. Obtenido de difementes: <https://www.difementes.com/realidadvirtual/caracteristicas.html>
- ENSIN. (2015). *ENCUESTA NACIONAL DE LA SITUACIÓN NUTRICIONAL-ENSIN 2015*. ICBF.

Etece, E. e. (31 de 07 de 2022). *Ejemplos*. Obtenido de <https://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-ejercicios-aerobicos-y-anaerobicos/>

Fisiotools. (18 de 03 de 2022). *Fisiotools salud y movimiento*. Obtenido de fisiotools.

Guerra, R. L. (2012). *La Realidad Virtual no Inmersiva: Una propuesta para contribuir en el estudio de la especialidad de Ingeniería Agrícola*. EAE.

Guiza, S. A. (2020). *ELECTRONICAR: APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Pedagógica:

[http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12769/electronicar\\_aplicacion\\_de\\_realidad\\_aumentada\\_para\\_la\\_ensenanza\\_de\\_los\\_circuitos\\_electricos\\_basicos.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12769/electronicar_aplicacion_de_realidad_aumentada_para_la_ensenanza_de_los_circuitos_electricos_basicos.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Hansen, D. (2017). Efectos del entrenamiento físico sobre la pérdida de masa. *Sports Med* 37, 7.

Jemio, F. G., Milán, O. M., & Arzabe, A. A. (2011). Alteraciones Biomecánicas Articulares en la Obesidad. *Gaceta Médica Boliviana*.

Levis, D. (2004). *¿Qué es la realidad virtual?* Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Maida, E. G., & Pacienza, J. (2015). Metodologías de desarrollo de software. *Universidad Católica de Argentina*.

Molina, J. C. (2020). *APLICACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE OPERACIONES BÁSICAS EN*.

Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Pedagógica:

[http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12765/aplicacion\\_para\\_la\\_ensenanza\\_de\\_operaciones\\_basicas\\_en\\_matematicas\\_con\\_realidad\\_aumentada.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12765/aplicacion_para_la_ensenanza_de_operaciones_basicas_en_matematicas_con_realidad_aumentada.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Rodríguez, J. Á., & Barrera, B. E. (2019). *DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE APOYO PARA*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Pedagógica:



<http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/10779/TE-23514.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=93&zoom=100,109,166>

Rojas, M. L. (2020). *DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL PARA MEZCLA DE SONIDO ESPACIAL*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Pedagógica:

[http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12766/desarrollo\\_de\\_una\\_aplicacion\\_en\\_rv\\_para\\_mezcla\\_de\\_sonido\\_3d.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12766/desarrollo_de_una_aplicacion_en_rv_para_mezcla_de_sonido_3d.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rosental, M., & Judin, P. (1965). *Diccionario Filosófico*. Ediciones Pueblos Unidos.

Ruelas, U. (13 de 07 de 2017). *codingornot*. Obtenido de codingornot:

<https://codingornot.com/que-es-un-motor-de-videojuegos-game-engine>

Sousa, D. A. (2014). *Neurociencia educativa: Mente, cerebro y educación*. Madrid: Narcea Ediciones.

Universidades, S. (21 de 12 de 2020). Metodologías de desarrollo de software: ¿qué son? *Metodologías de desarrollo de software*.

Villamizar, J. A., Saavedra Castelblanco, Y., & Aguilar Bolívar, A. (2021). actividad física musicalizada, adulto mayor, promoción de la salud. *dialnet*, 1.

## Anexos

### Acceso a la revisión de aplicaciones SideQuest

El siguiente enlace direcciona a la lista de aplicaciones revisadas en drive.

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/16z1tJIVbzd4mJmxTUH1WEdIH6ZAVd48d/edit?usp=sharing&ouid=106501073744141350892&rtpof=true&sd=true>

### Figura 52

Ejemplificación de las aplicaciones revisadas en SideQuest

Marcador	Categoría	Nombre de la aplicación
Top	Movilidad y control	Brisk Square - Early Access Brisk Square
Top	Exploración y movilidad	Voxel Works Quest (Prototype)
Top	Simulación de deporte	Gym Class - Basketball
Top	Simulación de deporte	Climbey Demo
Top	Simulación de deporte	Descent Alps
Top	Simulación de instrumento	GrooVR - Air drumming [APPLAB]
Top	Movilidad y control	OPERATION SERPENS

**Tabla 1***Assets utilizados en el desarrollo de Virtual Dynamic Move*

<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Categoría</b>	<b>Licencia</b>
1	Oculus XR Plugin	Plugin	Gratuita
2	OpenXR Plugin	Plugin	Gratuita
3	Test Framework	Asset	Gratuita
4	TextMeshPro	Asset	Gratuita
5	Unity UI	Asset	Gratuita
6	Universal RP	Asset	Gratuita
7	Version Control	Asset	Gratuita
8	Visual Studio Code Editor	Asset	Gratuita
9	Visual Studio Editor	Asset	Gratuita
10	Windows XR Plugin	Plugin	Gratuita
11	XR Interaction Toolkit	Plugin	Gratuita
12	XR Plugin Management	Plugin	Gratuita
13	Drone Guard	Asset	Standard no comercial
14	Oculus Integration	Asset	Standard no comercial
15	Simple Heart Health System	Asset	Standard no comercial
16	IRobot	Asset	Standard no comercial

---

17	GameDevTraum-Audio-Volume- Control-System	Asset	Standard no comercial
18	Oculus Hands	Asset	Standard no comercial
19	SCI-FI Laboratory Props v1.1	Asset	Standard no comercial
20	SCI-FI UI_Components v1	Asset	Standard no comercial
21	Toon Dinosaurs 1.4	Asset	Standard no comercial

---

## Música y efectos SFX implementada en el proyecto

**Tabla 2**

*Música y efectos de sonido SFX implementados en el desarrollo de Virtual Dynamic Move*

Número	Nombre	Atribución y derechos de autor
1	betterdays	Music by Bensound.com/royalty-free-music Standard License
2	cute	Music by Bensound.com/royalty-free-music Standard License
3	endlessmotion	Music by Bensound.com/royalty-free-music Standard License
4	relaxing	Music by Bensound.com/royalty-free-music Standard License
5	scifi	Music by Bensound.com/royalty-free-music Standard License
6	zapsplat_animal_dinosuar_vocalisation _growl_005_10842	Sound from Zapsplat.com Standard License
7	zapsplat_animal_dinosuar_vocalisation _growl_006_10843	Sound from Zapsplat.com Standard License
8	zapsplat_animal_dinosuar_vocalisation _growl_007_10844	Sound from Zapsplat.com Standard License
9	zapsplat_cartoon_anime_hit_burst_mini _explosion_71425	Sound from Zapsplat.com Standard License
10	zapsplat_cartoon_anime_laser_blash_ short_weak_92469	Sound from Zapsplat.com Standard License
11	zapsplat_cartoon_anime_power_up_high _pitched_laser_77707	Sound from Zapsplat.com Standard License
12	zapsplat_impact_hit_hard_broken_glass _short_slam_001_63097	Sound from Zapsplat.com Standard License
13	zapsplat_impact_hit_hard_broken_glass	Sound from Zapsplat.com

---

	_short_slam_003_63099	Standard License
14	zapsplat_science_fiction_cyberpunk _robot_cute_beep_001_64554	Sound from Zapsplat.com Standard License
15	zapsplat_science_fiction_cyberpunk _robot_cute_beep_002_64555	Sound from Zapsplat.com Standard License
16	zapsplat_science_fiction_cyberpunk _robot_cute_beep_003_64556	Sound from Zapsplat.com Standard License
17	zapsplat_science_fiction_robot_beeps _chirp_short_019_26075	Sound from Zapsplat.com Standard License
18	zapsplat_science_fiction_robotic _cyberpunk_electronic_equipment _beep_ascend_power_001_63892	Sound from Zapsplat.com Standard License

---