



Universidad Técnica Federico Santa María  
Departamento de Arquitectura  
Valparaíso - Chile

## Movimiento y Percepción del Espacio

Si habitualmente el usuario se mueve a través del espacio, entonces ¿Podría el espacio moverse alrededor del usuario?

Matías Ortiz

Memoria de titulación para optar al título de arquitectura

Profesores Guías: Carolina Carrasco

Eduardo Valenzuela



## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

### 1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

**Tipo de monografía (marcar una opción):**  Memoria o trabajo de título;  Tesis de Postgrado;

**Título del trabajo:** Si habitualmente el usuario se mueve a través del espacio, entonces ¿Podría el espacio moverse alrededor del usuario?

**Nombre del candidato(a):** Matías Ortiz Jara

**Carrera / Grado:** Arquitectura

**Campus:** Casa Central Valparaíso ; **Departamento:** Arquitectura

### 2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Carolina Carrasco W, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

### 3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses;  12 meses;  2 años;  3 años;  5 años;  10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

### 4.- FIRMAS

**Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:**

**Fecha:** 18/06/2025

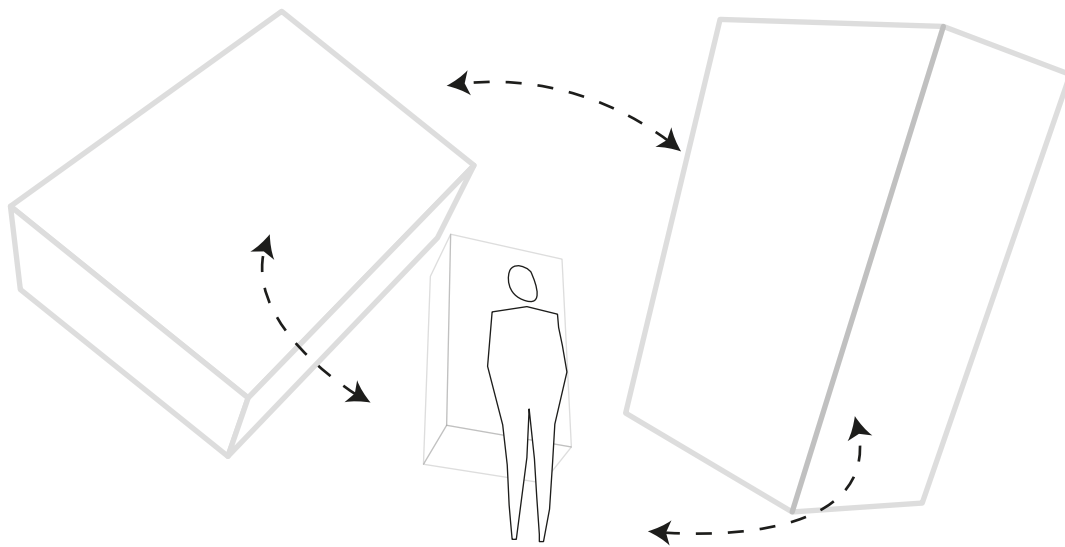
**; Firma:**

**Estudiante o Candidato(a):**

**Fecha:** 17/06/2025

**; Firma:**

*Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.*



*Figura 1 / Elaboración Propia*

## Indice

### Capítulo I

- \*Resumen
- \*Introducción
- \*¿Qué? ¿Para qué? ¿Cómo?
- \*¿Qué tiene que ver con la arquitectura?
- \*Problemática
- \*Tipo de Usuario
- \*Objetivos
- \*Preguntas de investigación

### Capítulo II

- \*Relación Cuerpo-Espacio
- \*¿Cómo vivimos el espacio comunmente?
- \*Movimiento
- \*Enfoque de la Experiencia
- \*Realidad Virtual y Rehabilitación
- \*Propuesta de movilidad
- \*Consideraciones
- \*¿Qué se busca probar?

### Capítulo II

- \*Metodología
- \*Grupos Musculares
- \*Especificaciones técnicas
- \*Especificaciones del Movimiento
- \*¿Cómo diseñar la experiencia?
- \*Aplicación

### Capítulo IV

- \*Resultados y análisis
- \*Conclusiones
- \*Trabajos futuros

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Resumen

La idea de proyecto surge al ver una realidad de la que todos de una u otra forma hemos podido apreciar, o experimentar. Perder la movilidad del tren inferior y quedarse por un gran tiempo en una cama, ya sea por algún accidente, deterioro o por temas de edad. Esta situación cambia por completo el día a día de la persona. De lo que más resalta es el vivir una rutina y monotonía del espacio en el que se encuentra, además de los problemas anímicos y físicos que conlleva, como el deterioro muscular.

Se toma como punto principal de estudio el movimiento, con esto comprender el cómo afecta en la percepción del espacio, como esta cambia cuando no hay movimiento y como suplir la ausencia de movimiento, debido a la condición de movimiento del usuario objetivo.

Con esto en cuenta se opta por usar herramientas de realidad virtual, para crear un prototipo de una experiencia virtual que estimule el movimiento del tren superior del usuario, para que este pueda recorrer distintos ambientes.

Para esto se analiza el espacio en el que se desenvuelve el usuario objetivo y así poder definir gestos base que se realicen dentro de su área de movimiento.

Para promover el movimiento del usuario se plantean distintos espacios con elementos recorridos y contrastantes que inciten a cambiar de zonas. Además de alternar las leyes de la física dentro de esta, para así tener una nueva forma de recorrer el entorno en base a su espacio de movimiento.

## Introducción

La idea del proyecto nace de la problemática de que los entornos para la gente que están destinados a quedarse en una camilla, por algún accidente, edad, entre otros motivos. No tienden a ser aptos para desarrollar un bienestar físico y psicológico, tienden a ser netamente funcionales y (darle cabida a el equipamiento de la habitación), sin tener en cuenta lo que la monotonía puede afectar en el bienestar del usuario.

Bajo esta situación se presentan nuevas necesidades para el usuario al tener una relación con su entorno más reducida. Al limitarse a quedar siempre dentro del espacio de la camilla, la relación cuerpo-espacio también se limita, perdiendo relación con ciertos elementos, como podría ser el poder accionar puertas, ventanas, usar ciertos muebles, entre otros.

Esto también conlleva a un cambio en el tiempo de interacción con el recinto en el que se encuentra, como lo es que habitualmente una habitación puede habitarse a ciertas horas del día, una cierta cantidad de tiempo, pero bajo este contexto, el tiempo podría cambiar a ser permanente.

El proyecto apunta a estimular los sentidos y la motivación del usuario, proponer una nueva forma de entender y recorrer el espacio, modificando las leyes de la física y así testear el impacto que esta nueva forma tenga.

# Movimiento y Percepción del Espacio

## ¿Qué? ¿Para qué? ¿Cómo? Del proyecto

### ¿Qué?

El proyecto consiste en hacer pruebas, para a futuro crear un prototipo de experiencia de realidad virtual (RV), que estimule el movimiento y mejorar la calidad de vida de un usuario con movilidad reducida. A través de un diseño arquitectónico virtual, el usuario podrá construir una imagen mental de una realidad espacial que no existe físicamente.

### ¿Para qué?

Para reactivar al usuario objetivo, permitiéndole recorrer y experimentar diversos escenarios que lo transporten fuera del espacio físico en el que se encuentra debido a su condición. De esta manera, se busca:

- Eliminar la monotonía del entorno habitual del usuario.
- Prevenir problemas anímicos derivados de su situación.
- Probar el impacto de diferentes escenarios en el estado emocional del usuario.

### ¿Cómo?

La experiencia se desarrollará mediante la creación de diferentes escenarios virtuales que se proyectarán al usuario utilizando tecnología de realidad virtual. Estos escenarios se diseñarán para:

- Aportar una dimensión extra al espacio: La RV permitirá crear espacios que no podrían existir en el mundo real, desafiando la percepción del usuario y expandiendo sus posibilidades de exploración.
- Simular el movimiento: Se utilizará RV para crear la sensación de movimiento en el usuario, incluso si este permanece inmóvil en el mundo real.
- Experimentar con la modificación del movimiento del espacio: Se analizará cómo la modificación de los aspectos del espacio virtual, como la velocidad y la forma del movimiento, influyen en la experiencia del usuario.

### ¿Qué tiene que ver con la arquitectura?:

• *“Arquitectura es cosa arte, un fenómeno de emociones, que queda fuera y más allá de las cuestiones constructivas. El propósito de la construcción es mantener las cosas juntas y el de la arquitectura es deleitarnos” (Corbusier, 2020)*

• *“Leucipo consideraba el espacio como una realidad, aun cuando no tiene una existencia corpórea” (Norberg-Schulz, 1971)*

• *“Nunca hubiera tenido esos sentimientos sin esa atmósfera” (Zumthor, 1998)*

• *“Así, se trata de identificar el hilo perceptivo de una construcción a través del movimiento en sus espacios, reconociendo espacios preeminentes en el esquema general de circulación, bien sea por ser espacios distribuidores o bien porque estos se encuentran al final de un recorrido” (SÁN-CHEZ, 1998: 102)*

Tomando estas definiciones como referencia, la relación con la arquitectura se basa en la definición de un espacio con su respectiva atmósfera, lo que al ser percibida por el usuario se entiende una espacialidad en base a las experiencias previas y la imagen mental que el usuario defina.

Los espacios se entienden, se experimentan o se viven de diferente manera respecto a los usuarios.

La definición del espacio arquitectónico contempla una variante de tiempo, que tanto tiempo el usuario se dedica a una acción, el contemplar, atravesar, etc. El tiempo y el ritmo es fundamental para relacionarse con el entorno.

La relación cuerpo-espacio también es una variable para considerar, evaluar la medida de las cosas respecto al usuario, el cómo se relaciona más con los elementos arquitectónicos que con los objetos dentro de un recinto.

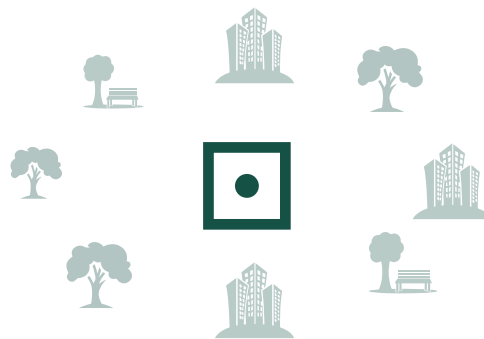
# Movimiento y Percepción del Espacio

## Problemática: Personas con movilidad reducida y sus limitaciones

**Limitación de Experiencias:** Las personas con movilidad reducida, ya sea por edad, discapacidad o accidentes, tienen una realidad donde su capacidad para experimentar diferentes entornos se ve limitada. Esto las obliga a permanecer gran parte de su tiempo en un mismo lugar, generalmente su cama o un espacio reducido en su hogar. Esto les impide disfrutar de diversas experiencias que fomentan el bienestar general.

**Falta de Espacios Agradables:** No todas las infraestructuras están diseñadas para ser espacios agradables y que fomenten el bienestar mental de las personas con movilidad reducida. Esto se reduce a entornos poco acogedores y carentes de elementos que estimulen la actividad física.

**Consecuencias Negativas para la Salud Física y Mental:** La limitación espacial y la falta de entornos adecuados tienen un impacto negativo en la salud física y mental de las personas con movilidad reducida. La falta de movimiento y actividad física puede ocasionar el deterioro muscular, la aparición de llagas y entre otros. A nivel psicológico, la monotonía y el aislamiento social pueden derivar en malestar anímico, depresión y otros trastornos del estado de ánimo.



*Figura 2 / Limitación Espacial /  
Elaboración Propia*

### Tipo de usuario objetivo:

**Movilidad reducida:** El usuario principal de este proyecto son las personas con movilidad reducida, principalmente aquellas que no tienen movilidad en el tren inferior.

**Permanencia en un mismo espacio:** Debido a su movilidad, estas personas pasan la mayor parte de su tiempo en un mismo espacio. La comodidad de este espacio puede variar dependiendo de las condiciones particulares de cada usuario.

**Necesidades específicas:** Se ha decidido abordar este grupo de personas porque, si bien existe un mayor enfoque en la rehabilitación de aquellos con posibilidades de volver a caminar, hay un grupo que ha perdido definitivamente esta capacidad. Las necesidades de este grupo son distintas y requieren soluciones específicas que consideren su condición permanente.

**Conciencia de su realidad:** Los usuarios objetivo son conscientes de su situación y no presentan daño cognitivo. Al tener un pleno uso de sus sentidos, la monotonía de su entorno limitado afecta considerablemente su rutina y bienestar general.

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Objetivo:

Este proyecto tiene como objetivo principal hacer pruebas preliminares para a futuro, crear un prototipo de experiencia de realidad virtual, que aestimule el movimiento a las personas con movilidad reducida, quienes se enfrentan a diversas problemáticas físicas y psicológicas derivadas de pasar la mayor parte de su tiempo en un mismo espacio, como Ideterioro muscular y bajo estado de ánimo.

## Objetivos Específicos:

Comprobar la efectividad de una experiencia de realidad virtual que permita al usuario explorar y recorrer un espacio aun teniendo movilidad reducida.

Explorar la posibilidad de modificar la percepción del espacio en una camilla mediante la RV.

Generar un prototipo de experiencia que transforme la monotonía del usuario y le permita experimentar distintos entornos.

Corroborar si el usuario, estando en un área de movimiento específico, puede percibir que el espacio se mueve a su alrededor.

Crear pruebas preliminares de una propuesta de movimiento en realidad virtual que fomente el movimiento necesario para mantener un estado físico y mental saludable.

## Preguntas de investigación:

- Si habitualmente es el usuario quien se mueve a través del espacio, ¿podría el espacio moverse alrededor del usuario?

Esta pregunta es la característica del proyecto, planteado la posibilidad de invertir los roles y crear experiencias en las que el usuario permanece inmóvil mientras el entorno virtual se mueve a su alrededor.

- ¿Puedo percibir, entender o armar una imagen mental de mi entorno si no me muevo a través de este?

- Un entorno virtual ¿podría moverse alrededor del usuario?

- Los entornos virtuales, ¿pueden contribuir en estimular el movimiento del usuario?

- ¿Puede la realidad virtual contribuir en el bienestar psicológico y corporal de una persona con movilidad reducida?

- ¿Qué tipo de experiencia podrá motivar al usuario?

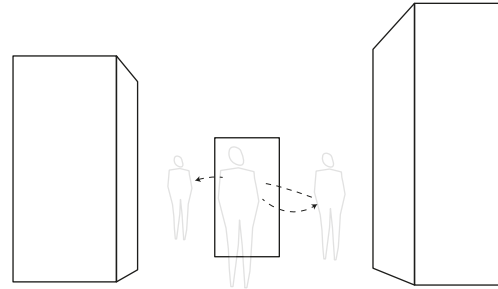


Figura 3 / El usuario se mueve a través del espacio /Elaboración Propia

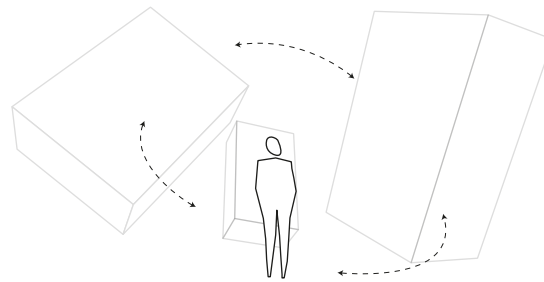


Figura 4 / El Espacio se mueve alrededor del usuario /Elaboración Propia

# Movimiento y Percepción del Espacio

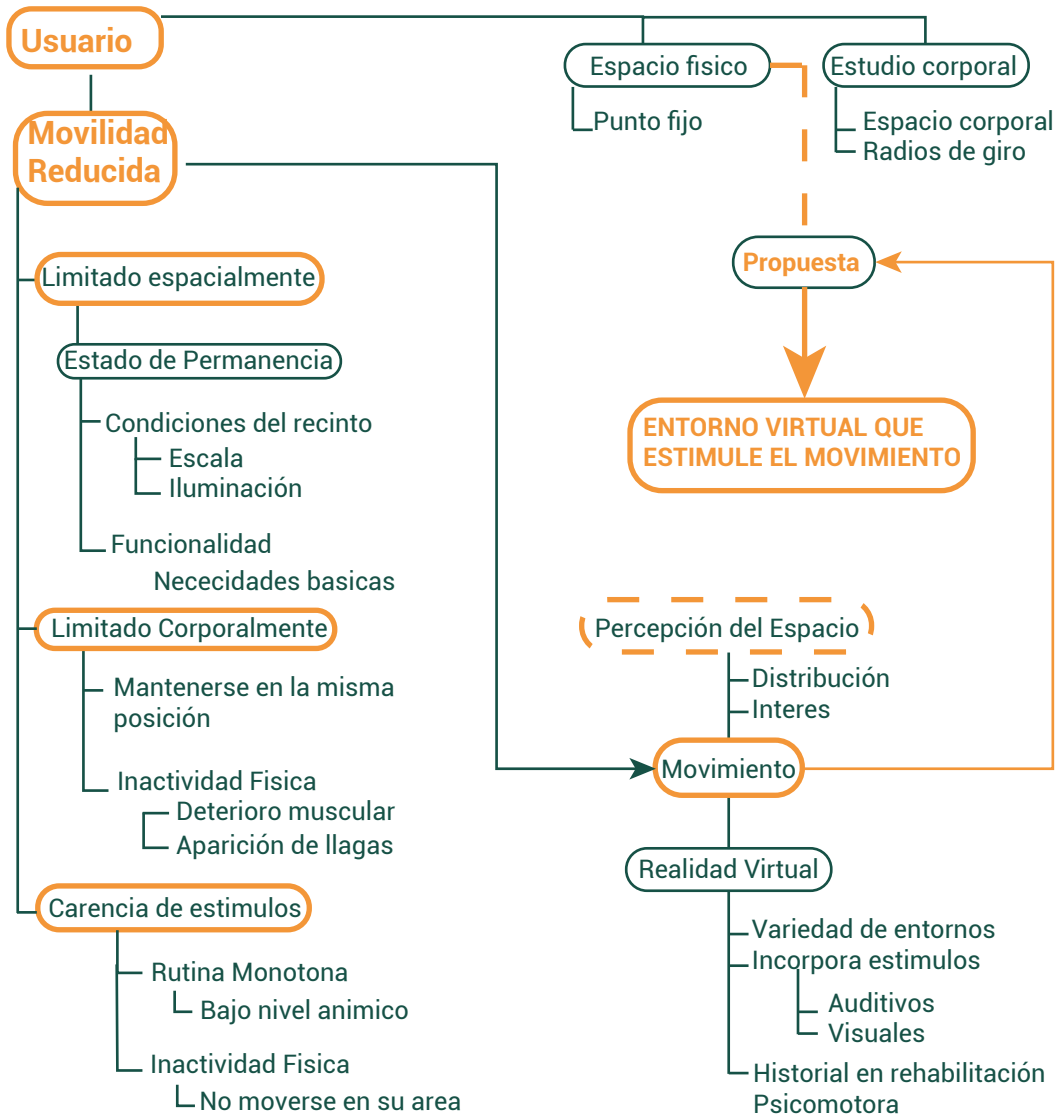
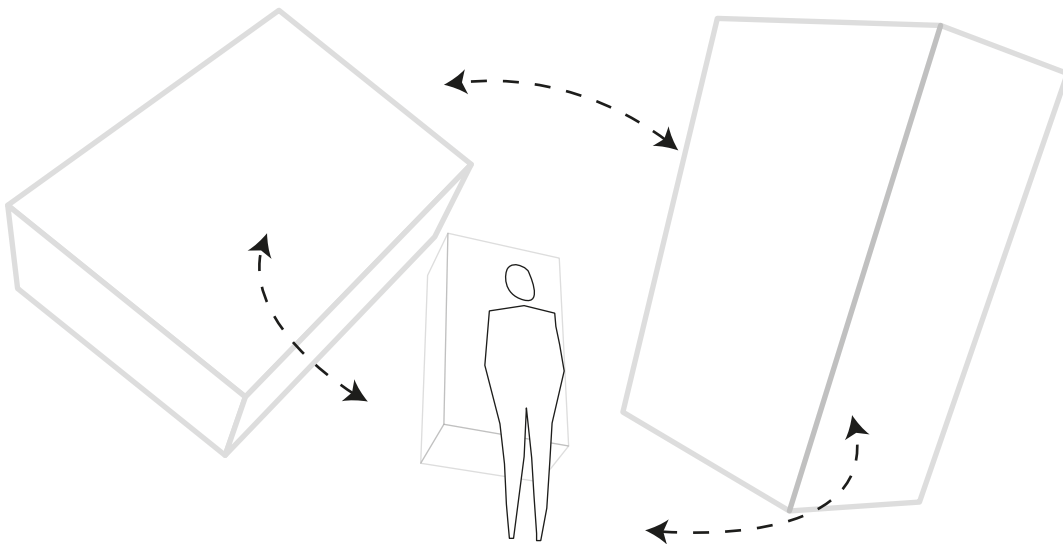


Figura 5 / Gráfica Percepción del espacio y Realidad Virtual/ Elaboración Propia



# Movimiento y Percepción del Espacio

## Relación Cuerpo-Espacio Usuario Objetivo:

1. Experiencia Espacial Limitada:  
Las personas con movilidad reducida, especialmente aquellas que permanecen en cama, experimentan una relación cuerpo-espacio significativamente limitada en comparación con las personas con movilidad "tradicional"(personas que no presentan limitaciones en su movilidad).

2. Perspectiva Estática y Limitaciones Sensoriales:

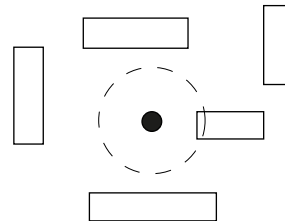
•Vista: A diferencia de una persona que puede moverse libremente por un espacio y explorarlo desde diferentes ángulos, la persona con movilidad reducida se ve limitada a un punto de vista estático, observando su entorno desde un mismo punto. Esto restringe significativamente su capacidad de percibir y comprender el espacio en su totalidad.

•Tacto: El sentido del tacto también se ve limitado, ya que la persona solo puede interactuar físicamente con los objetos que se encuentran dentro de su alcance.

3. Consecuencias de la Limitación Espacial:

•Claustrofobia: La estrechez del espacio y la sensación de encierro pueden desencadenar claustrofobia, generando ansiedad, estrés y malestar en el usuario.

•Limitación del Movimiento: La necesidad de acercar objetos al espacio corporal del usuario puede restringir aún más su movimiento y limitar su autonomía.



*Figura 6 / Experiencia Espacial Limitada /  
Elaboración Propia*

### ¿Cómo vivimos el espacio comúnmente?

En el desarrollo del proyecto, he analizado al usuario objetivo, espacio corporal y relación cuerpo-espacio. A partir de este análisis, surge la necesidad de comprender cómo experimentamos comúnmente el espacio y cómo podemos adaptar esta experiencia para este grupo poblacional específico.

#### 1. Experiencia Espacial Común:

Al conocer un lugar nuevo, generalmente realizamos una serie de acciones que se repiten entre las personas. Estas acciones, como contemplar la fachada, recorrer el exterior, adentrarse, observar y tocar, nos permiten explorar y comprender el espacio en su totalidad. El orden de estas acciones puede variar según el espacio o el usuario, dando lugar a diferentes experiencias.

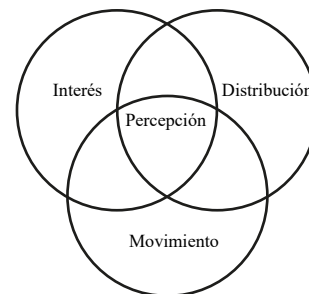
#### 2. Acciones Fundamentales:

A partir de las acciones descritas anteriormente, se identifican tres acciones fundamentales que estructuran la experiencia espacial:

- **Interés (o curiosidad):** Es el punto de partida que impulsa al usuario a querer experimentar el espacio. Se ve en la atención que se presta a los elementos del entorno y en el deseo de descubrir más.

- **Distribución:** Se refiere a la organización y disposición de los elementos en el espacio. El orden de estos elementos genera diferentes relaciones entre las zonas, creando experiencias únicas al combinarlos de distintas maneras.

- **Movimiento:** Es la acción que permite al usuario recorrer el espacio, observarlo desde diferentes ángulos, rodear objetos, en definitiva, comprenderlo en su totalidad.



*Figura 7 / Percepción y acciones Fundamentales / Elaboración Propia*

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Relación entre acciones:

Anteriormente, se identificaron las tres acciones fundamentales que según mi análisis, estructuran la experiencia espacial: interés, distribución y movimiento. A continuación, se analizarán las relaciones entre estas acciones y su importancia en experiencias espaciales.

### 1. Relación entre Interés y Distribución:

- Descubrimiento:** La ubicación de objetos de interés o puntos focales puede atraer la atención del usuario y motivarlo a explorar el espacio.

- Exploración:** A medida que el usuario se desplaza por el espacio, la distribución le permite descubrir nuevos lugares o elementos que no estaban en su campo de visión inicial.

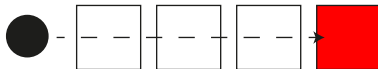


Figura 8 / Interés - Distribución /  
Elaboración Propia

### 2. Relación entre Movimiento y Distribución:

- Recorrido:** La distribución del espacio define en gran medida el recorrido que realiza el usuario. La ubicación de caminos, y puntos de interés guía al usuario a moverse de una manera determinada.

- Variedad:** La distribución del espacio puede generar recorridos distintos, evitando la monotonía y fomentando la exploración activa del usuario.

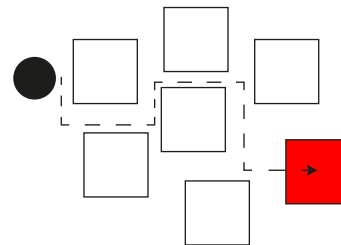
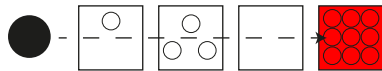


Figura 9 / Movimiento - Distribución /  
Elaboración Propia

### 3. Relación entre Movimiento e Interés:

- Motivación:** Da el inicio a que el usuario quiera moverse. Un espacio atractivo y estimulante despierta la curiosidad y motiva al usuario a explorarlo, recorriendo sus diferentes zonas.

- Tiempo:** El tiempo que el usuario dedica a cada lugar depende de su nivel de interés. Los lugares que despiertan mayor curiosidad y fascinación suelen ser aquellos en los que el usuario pasa más tiempo, contemplando sus detalles, interactuando con los elementos.



*Figura 10 / Movimiento - Interés /  
Elaboración Propia*

### Movimiento:

En este análisis, exploraremos el concepto de movimiento en su totalidad, analizando su importancia en nuestra experiencia del mundo.

#### 1. El Movimiento Humano:

El movimiento humano se caracteriza por la traslación parcial o total del cuerpo, pero no se limita solo a esto. Las personas pueden realizar una variedad de movimientos, incluso en una posición estática, como:

- Movimientos del tren superior:** Movimientos de brazos, manos y dedos.

- Movimientos del tronco:** Flexión, extensión, rotación e inclinación lateral del torso.

- Movimientos de la cabeza:** Flexión, extensión, rotación e inclinación lateral de la cabeza.

- Movimientos oculares:** Movimientos de seguimiento.

# Movimiento y Percepción del Espacio

## ¿Cómo se interpreta?

La percepción del movimiento es un proceso complejo que involucra diferentes sentidos. Los sentidos principales que generan la percepción del movimiento son:

- **Visión:** La información visual permite detectar el desplazamiento de objetos y cambios en la posición relativa de los elementos en el entorno.

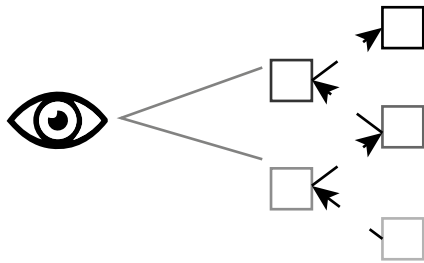


Figura 11 / Movimiento - Visión /  
Elaboración Propia

- **Audición:** El oído es sensible a las variaciones en el sonido producidas por el movimiento, como el efecto Doppler o el sonido del desplazamiento de objetos.

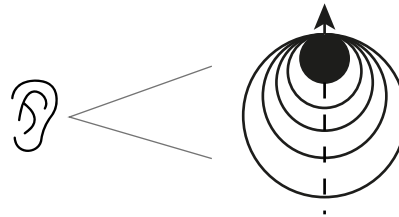


Figura 12 / Movimiento - Audición /  
Elaboración Propia

- El sistema vestibular, ubicado en el oído interno, proporciona información sobre la aceleración y desaceleración de la cabeza, percibiendo el movimiento lineal y rotacional del cuerpo.

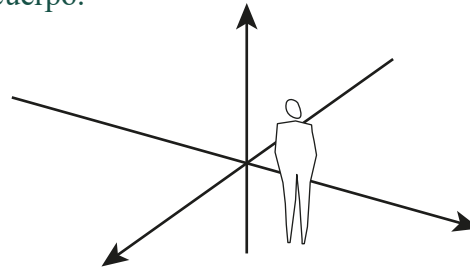


Figura 13 / Movimiento Sistema Vestibular /  
Elaboración Propia

### ¿Qué pasa cuando eliminamos el movimiento?

Al eliminar el movimiento, se pierden dos relaciones fundamentales que estructuran la experiencia espacial:

- **Movimiento-Interés:** La capacidad de explorar y descubrir nuevos elementos se limita, restringiendo la experiencia a un solo punto de vista y limitando la interacción con el espacio.

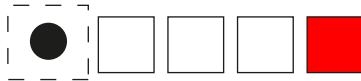


Figura 14 / Ausencia de movimiento /  
Elaboración Propia

- **Movimiento-Distribución:** La comprensión del espacio se reduce a los elementos cercanos al usuario, eliminando la percepción de las relaciones espaciales entre diferentes zonas y la apreciación de la distribución general del entorno.

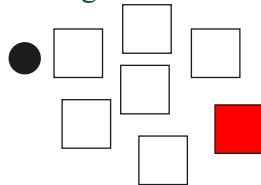


Figura 15 / Ausencia de Movimiento /  
Elaboración Propia

### ¿Cómo compensar la ausencia de movimiento?

El análisis anterior nos ha revelado que el movimiento es un elemento fundamental para la percepción completa del espacio. En este estudio nos encontramos con el desafío de diseñar una experiencia para un usuario que no puede desplazarse en su totalidad.

Una posible estrategia es emplear el principio del "movimiento aparente". Este principio consiste en crear la ilusión de movimiento a través de estímulos visuales, auditivos, aun cuando el usuario permanezca estático.

¿Sería una opción que, en vez de eliminar el movimiento, se cambie de portador?

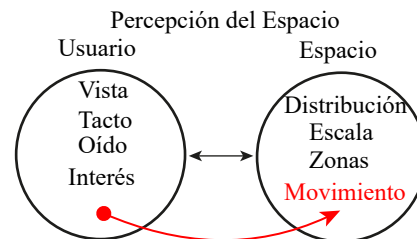


Figura 16 / Espacio en movimiento /  
Elaboración Propia

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Enfoque de la Experiencia

•Inicio: El proyecto inicialmente se concibió para brindar una nueva experiencia a las personas con movilidad reducida. Sin embargo, al analizar las limitaciones de movimiento que presentan, se abrió una nueva área de exploración: cómo comprendemos el espacio en general.

•Cambio de Enfoque: Se decidió cambiar el punto focal del proyecto a una fase más exploratoria, sin perder de vista el objetivo original de ayudar a los usuarios con movilidad reducida. La experiencia se abordará como un paso inicial o un prototipo de una experiencia terapéutica para estos usuarios.

•Realidad Virtual como Herramienta: Se utilizarán herramientas de realidad virtual para aprovechar su versatilidad en la experimentación de espacios dentro de un mismo punto físico. Esto permitirá explorar la modificación del movimiento entre el usuario y el espacio, tomando como base el concepto de movimiento aparente.

## Realidad virtual y Rehabilitación

La realidad virtual (RV) ha emergido como una nueva herramienta en el campo de la rehabilitación, ofreciendo nuevas posibilidades para el tratamiento de diversas problemáticas que afectan la movilidad y la función motora. En este punto, se analizará el papel de la RV en la rehabilitación, destacando sus beneficios y aplicaciones.

1. Aplicaciones de la Realidad Virtual en Rehabilitación: La RV se ha utilizado con éxito en la rehabilitación de distintas condiciones, incluyendo:

•Lesiones neurológicas: Accidentes cerebrovasculares, lesiones de la médula espinal, traumatismos craneoencefálicos.

•Enfermedades neuromusculares: Esclerosis múltiple, distrofia muscular, enfermedad de Parkinson.

•Rehabilitación pediátrica: Parálisis cerebral, trastornos del desarrollo motor.

### 2. Beneficios de la Realidad Virtual en Rehabilitación:

La RV ofrece diversas ventajas en el contexto de la rehabilitación:

- Inmersión y motivación: La RV crea entornos simulados que atraen la atención del usuario y lo motivan a participar activamente en la terapia.

- Repetición y control: Los terapeutas pueden controlar y repetir los ejercicios de forma precisa, asegurando una práctica consistente y progresiva.

- Entorno seguro: La RV permite realizar ejercicios que podrían ser riesgosos o dolorosos en el mundo real, proporcionando un entorno seguro y controlado.

- Personalización: Las experiencias de RV pueden personalizarse según las necesidades y objetivos específicos de cada paciente.

### 3. El caso de David:

El caso de David (fig 17), un atleta paralímpico que tras tres operaciones por un tumor quedó paralizado tres veces, ejemplifica el potencial de la RV en la rehabilitación. Tras ocho semanas de terapia de realidad virtual en la que simulaba mover objetos, David logró recuperar su capacidad para caminar. Este caso demuestra el poder de la RV para estimular al usuario y promover la recuperación funcional.



*Figura 17 / Captura: The impact of VR on health: a focus on rehabilitation | Isabel Van De Keere*

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Propuesta de Movilidad

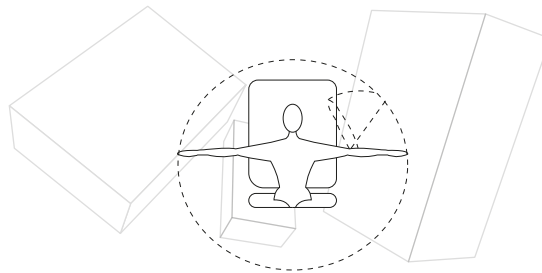
En los puntos anteriores, he analizado la falta de movimiento en la percepción del espacio y las estrategias para compensarla en experiencias de realidad virtual (RV). En este punto, se propone una nueva forma de movilidad basada en gestos que aproveche las capacidades del usuario y le permita explorar el entorno.

### 1. Fundamento de la Propuesta:

La propuesta se basa en la idea de que, si bien el usuario no puede desplazarse físicamente, sí puede realizar movimientos con su cuerpo, como gestos con las manos o brazos. Estos movimientos pueden ser utilizados para controlar el movimiento del entorno virtual, creando una nueva forma de interacción que no requiere del movimiento físico tradicional. torno a él.

### 2. Mecánica de la Propuesta:

La propuesta se basa en la definición de gestos específicos que el usuario podrá realizar dentro de su espacio corporal para controlar el movimiento del entorno virtual en los tres ejes cartesianos (X, Y, Z). Además, se propone que el usuario pueda funcionar como un punto pivote de rotación, permitiendo que el entorno gire en torno a él.



*Figura 18 / Usuario objetivo controlando el entorno / Elaboración Propia*

### Consideraciones

Se abordarán algunas consideraciones importantes para la implementación de esta propuesta, tomando en cuenta las necesidades de los usuarios y las características de la terapia.

#### 1. Integración de estímulos Sensoriales:

La propuesta de RV debe integrar elementos de terapias sensoriales que estimulen los diferentes sentidos del usuario, como la vista. Esto permitirá crear una experiencia más completa y beneficiosa para el usuario.

- Estimulación visual: Se pueden utilizar luces, imágenes, objetos llamativos o animaciones para estimular la visión del usuario.

#### 2. Puntos de Referencia Estáticos:

Estos elementos servirán como puntos de referencia que le permitirán al usuario orientarse en el espacio virtual.

#### 3. Consideración del Malestar en la Realidad Virtual:

Si bien la realidad virtual puede generar malestar en algunos usuarios, como la pérdida del equilibrio, es importante recordar que la sensación de movimiento será controlada por el propio usuario en esta propuesta. Esto significa que el impacto de este malestar debería ser menor que en experiencias donde el movimiento es controlado por un tercero.

#### 4. Adaptación a las Necesidades Individuales:

La experiencia de RV debe diseñarse de manera personalizada para cada usuario, tomando en cuenta sus necesidades, capacidades y preferencias.

# Movimiento y Percepción del Espacio

## ¿Qué se busca probar?

### 1. Cambiar la Perspectiva del Espacio:

La propuesta busca desafiar la noción tradicional de la experiencia espacial, donde el usuario se mueve a través del entorno. En esta propuesta, se invierte la lógica y el espacio se mueve alrededor del usuario. Esto permite al usuario explorar el espacio desde una nueva perspectiva y descubrir nuevas formas de interactuar con su entorno.

### 2. El Movimiento es Relativo:

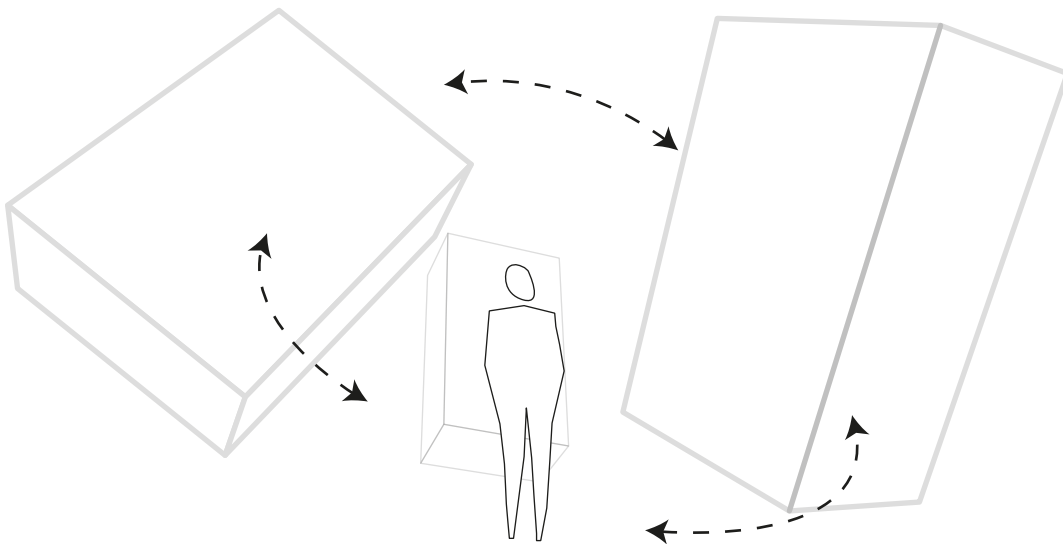
El movimiento es una percepción relativa que depende de nuestro punto de vista. Si bien el usuario está físicamente inmóvil, la experiencia de RV le permite sentir que si existe el movimiento.

### 3. Experiencias para Personas con Movilidad Reducida:

Esta propuesta se enfoca en personas con movilidad reducida porque les permite experimentar el movimiento y la exploración espacial de una manera que no sería posible en el mundo real. Esto puede tener un impacto positivo en su salud física y mental, mejorando su estado de ánimo, y motivación.

### 4. Diseño Centrado en el Usuario:

Al diseñar la experiencia de RV en base a las necesidades específicas de las personas con movilidad reducida, se abren nuevas oportunidades de exploración y se evita caer en limitaciones de diseño basadas en la movilidad "tradicional".



# Movimiento y Percepción del Espacio

## Metodología

### 1. Definición del Espacio Corporal del Usuario:

El primer paso será definir el espacio corporal del usuario, tomando en cuenta las limitaciones de movilidad que tiene, considerando los radios de giro que tiene con sus extremidades. Esto permitirá identificar los movimientos fundamentales que pueden realizar y que podrían ser utilizados para controlar la experiencia de RV.

### 2. Selección de Grupos Musculares Fundamentales:

A partir del análisis del espacio corporal del usuario, se seleccionarán los grupos musculares que se utilizarán para la movilidad dentro de la experiencia de RV.

### 3. Definición de Acciones y Gestos:

Para cada grupo muscular seleccionado, se definirán acciones o gestos específicos que el usuario podrá realizar para controlar la experiencia de RV.

### 4. Posición Inicial:

Se definirá como posición inicial que el usuario esté sentado. Esta posición permitirá abarcar a un mayor número de usuarios, incluyendo aquellos que se encuentran en cama y pueden erguirse, así como a aquellos que habitualmente utilizan una silla de ruedas.

### 5. Forma de Desplazarse:

La forma de desplazarse se basará en la idea de "sujetar" el entorno y que este se desplace en base al movimiento de las manos del usuario. Esto permitirá al usuario sentir que está controlando el movimiento del espacio a su alrededor

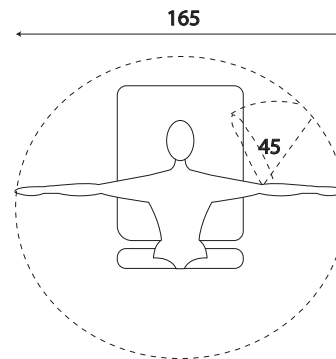


Figura 19 / Espacio corporal usuario /  
Elaboración Propia

## Grupos Musculares

### 1. Estimulación del Movimiento:

La propuesta de RV no solo busca brindar una nueva forma de experiencia espacial, sino que también tiene como objetivo estimular el movimiento del usuario de manera pasiva. Al realizar los diferentes movimientos de desplazamiento, el usuario estará trabajando diferentes grupos musculares del tren superior.

### 2. Grupos Musculares Trabajados:

#### •Desplazamiento horizontal:

Grupo muscular: Bíceps y tríceps.

Movimiento: El usuario estira y flexiona sus brazos frente a él. El entorno se mueve hacia adelante y atrás respectivamente.

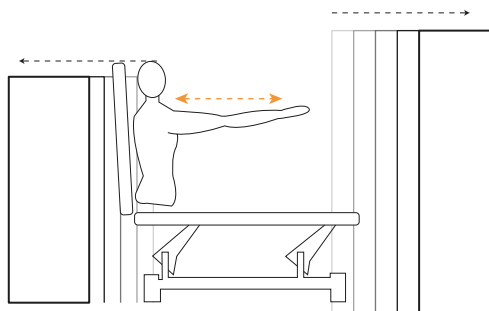


Figura 20 / Grupo muscular 1 /  
Elaboración Propia

#### •Desplazamiento descendente:

Grupo muscular: Tríceps y hombros.

Movimiento: El usuario flexiona sus brazos, en la zona inferior de su torso, como si levantara algún objeto. El entorno comienza a ascender y el usuario se queda quieto.



Figura 21 / Grupo muscular 2 /  
Elaboración Propia

#### •Desplazamiento ascendente:

Grupo muscular: Bíceps y hombros.

Movimiento: El usuario flexiona sus brazos, en la zona superior de su torso, como si bajara algún objeto. El entorno comienza a descender y el usuario se queda quieto.



Figura 22 / Grupo muscular 3 /  
Elaboración Propia

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Especificaciones técnicas

Para desarrollar la experiencia, se utilizan visores Oculus Quest 2 del laboratorio de la universidad. Estos visores cuentan con cámaras externas que reconocen las manos del usuario, lo que permite una interacción más intuitiva y menos invasiva para el usuario objetivo, especialmente para aquellos que no están familiarizados con el uso de controles tradicionales.

Como software para desarrollar la experiencia, se utiliza Unity debido a su compatibilidad con los visores Oculus Quest 2.

La tienda de Unity ofrece herramientas de Oculus que incluyen una variedad de códigos base. Entre los códigos principales utilizados para la interacción con el entorno se usaron los scripts "Grabbable" - "Hand Grab Interactable" - "One Grab Translate Transformer" y "Two Grab Rotate Transformer".

La aplicación de los códigos gratuitos se orientan a la interacción manual con objetos cotidianos, como objetos sobre mesas, entre otros.

Considerando esto, se definió el modelo de la experiencia en su totalidad como un objeto interactivo que responde directamente a las manos del usuario.

Se delimitó un espacio de interacción basado en el radio de movimiento del usuario sentado. El objetivo es que el entorno interactúe sin necesidad de que el usuario se levante.

Sin esto, el usuario debería desplazarse para alcanzar e interactuar con elementos distantes, como una pared. En cambio, el espacio de interacción permite la manipulación a distancia del entorno sin tener que desplazarse.

## Espacio de Interacción

Se establece el espacio de interacción del usuario creando un cubo. Para hacerlo transparente, se desactiva el componente 'Mesh Renderer'.

Se añaden y activan los componentes "Box Collider" y "Rigidbody" para que el cubo pueda detectar los gestos del usuario. Para evitar que el cubo se vea afectado por la gravedad y se desplace, se desactiva la gravedad en el 'Rigidbody' y se activa la propiedad 'Is Kinematic'. Esto garantiza que el cubo permanezca anclado a la posición del usuario.

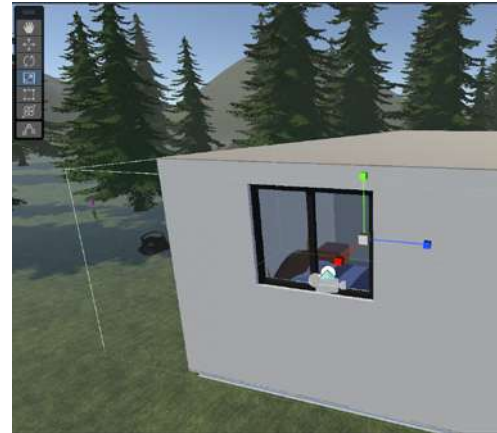


Figura 23 / Captura modelo Espacio de interacción /Elaboración Propia

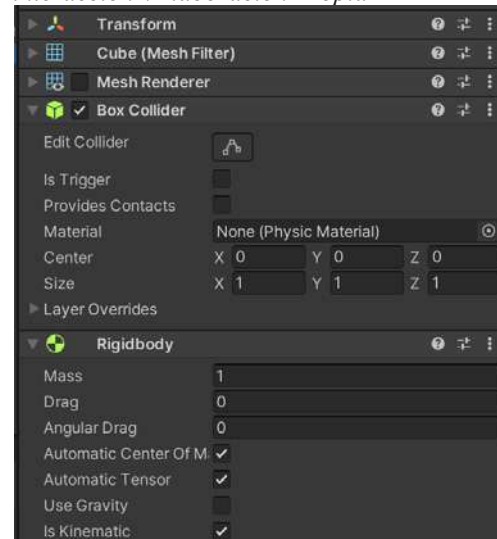


Figura 24 / Captura propiedades Espacio de interacción /Elaboración Propia

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Desplazamiento

Una vez definido el espacio de interacción, se configura el modelo del entorno que responderá a los gestos del usuario. Para esto añaden los componentes “Grabable” y “Hand Grab Interactable”.

Es importante es asegurar que el campo “Rigidbody” dentro del componente “Hand Grab Interactable” haga referencia al “Rigidbody” del espacio de interacción.

Si esta referencia es incorrecta, el objeto solo responderá al contacto físico directo con su modelo. La interacción con gestos de pinza se habilita especificando los dedos a usar, evitando conflictos con otros gestos.

Para restringir el movimiento del entorno a una sola mano, se aplica el componente 'One Grab Translate Transformer'.

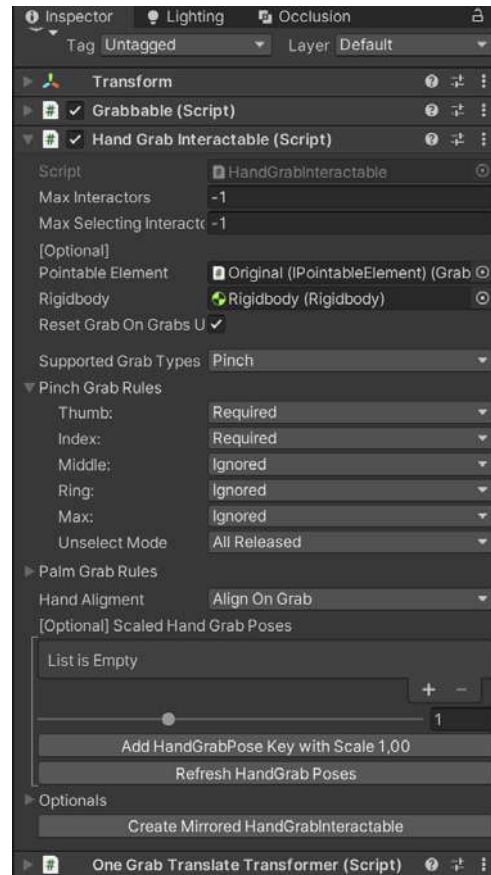


Figura 25 / Captura propiedades Modelo entorno /Elaboración Propia

## Sensibilidad

Una vez implementada la interacción de desplazamiento con una sola mano, se desarrolló un sistema de ajuste de sensibilidad.

Esto es importante ya que la escala de los modelos afecta directamente la percepción de la velocidad de desplazamiento. Modelos de mayor tamaño requieren una mayor sensibilidad, asegurando así una experiencia de interacción fluida y adecuada.

Esto también permite que dependiendo de los usuarios pueda ajustarse una velocidad que los haga sentir más cómodos y tener una velocidad dependiendo de la etapa dentro de la experiencia

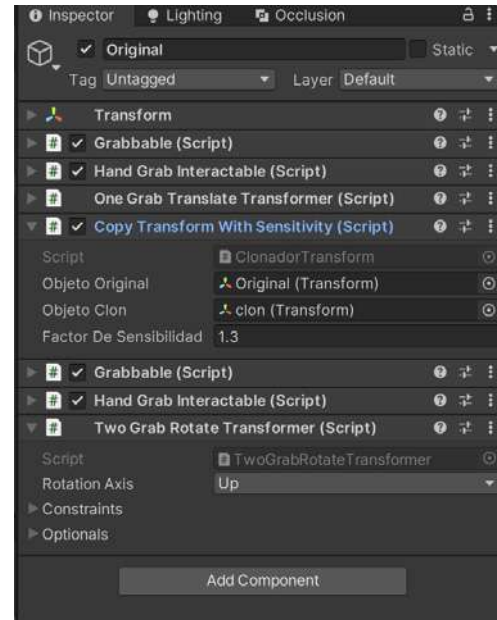


Figura 26 / Captura propiedades Modelo entorno /Elaboración Propia

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Rotación

Luego del ajuste de sensibilidad, se añade nuevamente los componentes 'Grabable' y 'Hand Grab Interactable', asegurando que el campo 'Rigidbody' haga referencia al del espacio de interacción.

Se especifica el uso de gestos de “palmas” para activar esta interacción, definiendo los dedos a utilizar para evitar conflictos con el desplazamiento.

Finalmente, se aplica el componente “Two Grab Rotate Transformer”, que restringe la rotación del modelo a interacciones con ambas manos, previniendo así cruces en el código de desplazarse.

El campo 'Pivote' se vincula a un objeto 'empty' ubicado en la posición del usuario, permitiendo que el modelo rote alrededor del usuario, quien actúa como el punto de pivote.

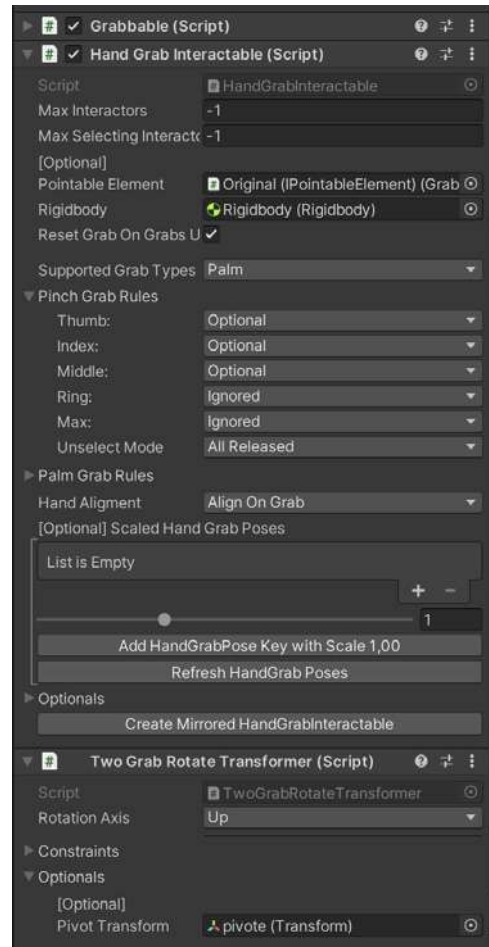


Figura 27 / Captura propiedades Modelo entorno /Elaboración Propia

## Especificaciones del movimiento

Se plantea que el espacio se mueve, por lo que se define el usuario como un punto fijo en el espacio, que al mismo tiempo sirve como pivote para que este interactúe.

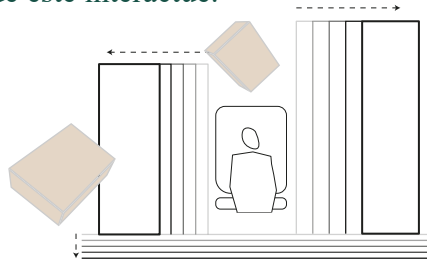


Figura 28 /Espacio en Movimiento /  
Elaboración Propia

Para poder mover el entorno, se utilizan gestos, que están centrados en el tren superior, debido a la condición física del usuario, con esto aprovechar de estimular el movimiento de esta zona muscular.

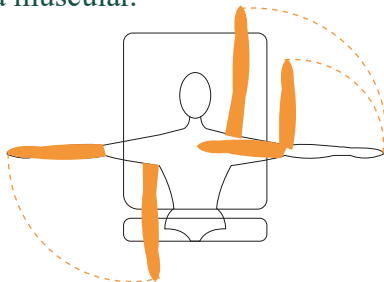


Figura 29/ Movimiento Usuario /  
Elaboración Propia

Para los gestos se reconocen las manos del usuario a través de la realidad virtual, sin la necesidad de controles, lo que lo hace menos invasivo para el.

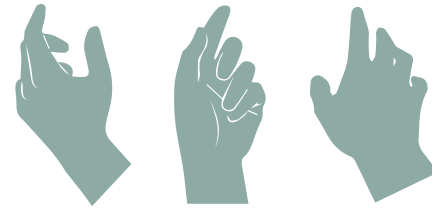


Figura 30 / Gestos Usuario /  
Elaboración Propia

Se toma en cuenta las coordenadas x,y,z para plantear el desplazamiento del entorno.

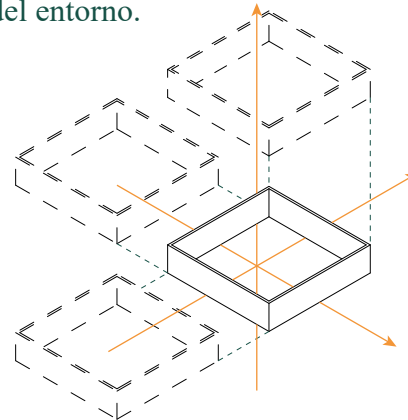


Figura 31 / Desplazamiento Entorno /  
Elaboración Propia

## Movimiento y Percepción del Espacio

Tomando como restricciones bloquear los ejes de rotación los del eje x y y, evitando que el entorno se mueva dentro de la experiencia, centrándose en poder desplazarse libremente y rotar el espacio en torno al eje Z

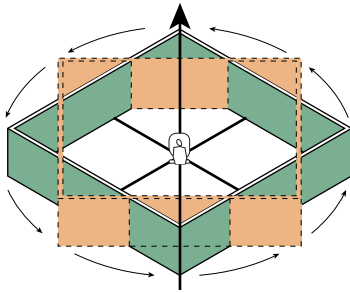


Figura 32 / Rotación solo en eje Z /  
Elaboración Propia

Si bien los ejes xy, están restringidos para la rotación del entorno, estos están libres dentro de los ángulos de visión del espectador

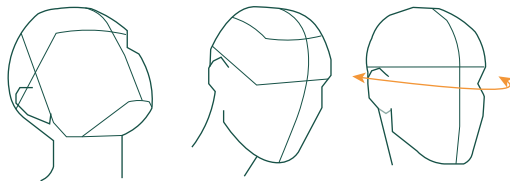


Figura 33 / Rotación usuario /  
Elaboración Propia

### ¿Cómo diseñar la experiencia?

Si bien la experiencia con sus físicas alteradas puede despertar interés, también podría generar confusión y un alto impacto inicial, especialmente considerando que la realidad virtual por sí misma ya genera un impacto significativo. Este impacto combinado podría ser contraproducente.

Por lo tanto, es fundamental graduar el realismo del escenario y sus físicas para evitar confusiones. Para guiar al usuario, se propone comenzar en un entorno realista y aplicar las bases de la terapia polisensorial. Creando hitos que lo animen a explorar, el usuario se acostumbrará gradualmente al nuevo entorno y a su desplazamiento.

Para el desarrollo del modelo, se iteraron conjuntos de pilares regulares. Este proceso generó múltiples configuraciones de recorridos, con el objetivo guiar al usuario. Estos se posicionaron en distintos niveles del terreno modelado.

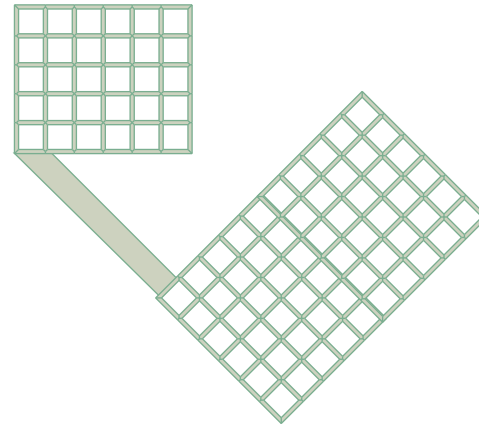
### Iteraciones Recorridos

En los recorridos horizontales, se emplean dos maneras principales de iteración:

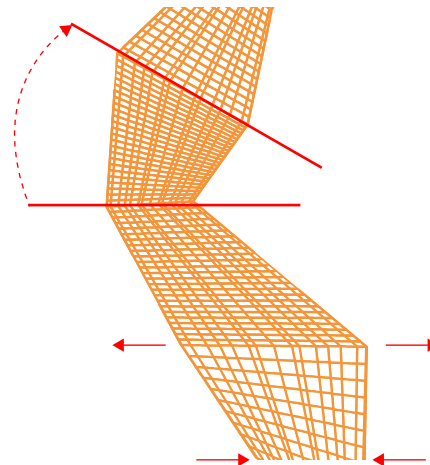
La multiplicación de elementos, que consiste en aumentar la cantidad de pilares en uno o ambos sentidos para crear módulos distintos, copiarlos y rotarlos, para luego conectarlos

La manipulación de puntos de control, que permite desplazar, rotar o estrechar los módulos, generando estructuras irregulares y recorridos en distintas direcciones.

Con estas iteraciones se estimula el primer grupo muscular principalmente.



*Figura 34 /Multiplicación y rotación de pilares / Elaboración Propia*



*Figura 35 /Manipulación puntos de control / Elaboración Propia*

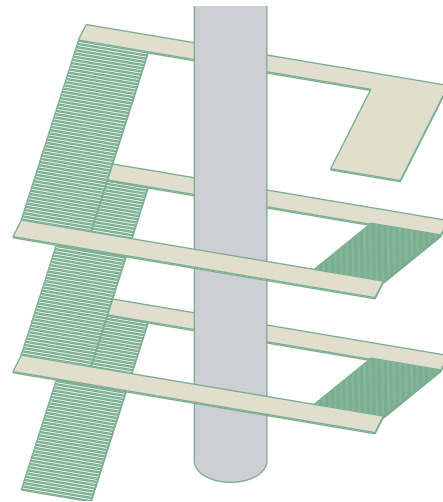
# Movimiento y Percepción del Espacio

## Iteraciones Desniveles

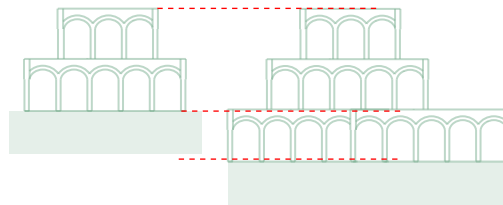
El diseño de los recorridos verticales se basó en el uso de escaleras y pendientes para guiar al usuario a través de los niveles, fomentando la conexión entre puntos y la circulación alrededor de elementos clave.

Además, se usó el desfase vertical de los módulos iterados para crear variaciones en la estructura y potenciar las vistas del recorrido.

Con estas iteraciones se estimulan el segundo y tercer grupo muscular principalmente.



*Figura 36 / Circulación Vertical /  
Elaboración Propia*



*Figura 37 / Desfase de alturas módulos  
iterados / Elaboración Propia*

### Estética de la experiencia

La estética de las experiencias es en base a estructuras de ruinas, monumentos o de fantasía como lo son la película de el señor de los anillos e historias similares, debido a que son espacios que no todo el mundo tiene la oportunidad de visitarlos, además de ser llamativos.

También se toma la decisión de generar espacios con una gran escala para así contrastar con la escala ajustada que presentan los espacios del usuario objetivo (habitación funcional con equipamientos cercanos al usuario).

Aprovechando la estética más fantástica de las estructuras, también se proyectan zonas que son estructuralmente inviables en la vida real.

Con estos puntos se busca llamar la atención del usuario, para que este busque recorrer todas las zonas dentro de la experiencia, así estimular el movimiento y el trabajo de las zonas musculares de estudio.



Figura 38 / Ciudad subterránea videojuego Guild Wars | ilustracion by Jaime Jones



Figura 39 / Ciudad de Minas Tirith | Ilustracion basada en “el Señor de los anillos”



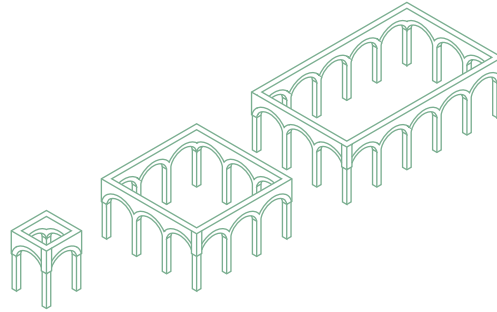
Figura 40 / Minas de Moria | Ilustracion basada en “el Señor de los anillos”

# Movimiento y Percepción del Espacio

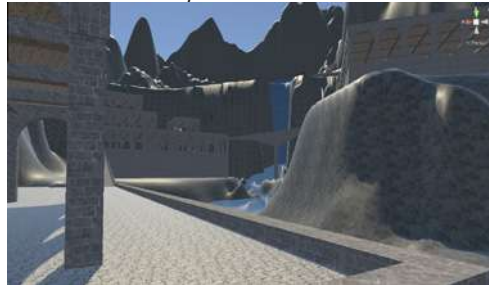
## Diseño Segundo Nivel

El segundo nivel se basa en arcos como unidad principal, combinándolos en bloques de diversas cantidades para crear los diseños de los castillos. Estas estructuras se componen de diferentes plantas, formadas por variaciones de arcos en cuadrículas de 4x4, 6x8 y otras configuraciones.

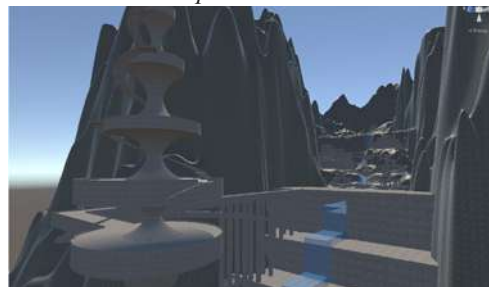
Para generar un recorrido descendente, los arcos se desfasan en altura. El punto final de este recorrido es un castillo flotante, simbolizando la idea de espacios que desafían las leyes de la física. Desde este punto, se ofrece una vista panorámica completa del recorrido realizado.



*Figura 41 / Multiplicación Módulos /  
Elaboración Propia*



*Figura 42 / Captura de la experiencia /  
Elaboración Propia*



*Figura 43 / Captura de la experiencia /  
Elaboración Propia*

### Diseño Tercer Nivel

El tercer nivel se inicia con un espacio inspirado en los pozos enterrados de la India, guiando el recorrido por una caída de agua. El siguiente tramo presenta una sección con pilares regulares de piedra que luego da paso a un pabellón de madera de diseño propio.

A continuación, unas escaleras rodean una cascada inspirada en el Aeropuerto Jewel Changi, conduciendo a una zona de gran escala que simula ruinas de una civilización antigua. Esta área cuenta con numerosas entradas de luz que, al rotar el entorno, interactúan con el movimiento.

Finalmente, el recorrido culmina en una zona con una cascada, aún más grande que la anterior y también inspirada en el Aeropuerto Jewel Changi. Al igual que en el tramo previo, la entrada de luz de esta zona responde a la rotación del mundo.



*Figura 44 / Pozos enterrados de la India*



*Figura 45 / Captura de la experiencia /  
Elaboración Propia*



*Figura 46 / Aeropuerto Jewel Changi / S  
afdie Architects*

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Primera etapa

Se aprovecha un modelo 3D desarrollado previamente para la experiencia.

Tutorial Vivienda común: Presenta una vivienda típica con elementos tradicionales como cama, ventanas, muebles y otros objetos cotidianos. El objetivo es crear un espacio familiar para que el usuario se sienta cómodo y pueda interactuar con naturalidad.

El tutorial se centra en familiarizar al usuario con el movimiento dentro de la vivienda. Al contar con un solo nivel, solo se utiliza el desplazamiento horizontal para la navegación.

Se propone que cada recinto de la vivienda funcione como un punto de control, lo que obligará al usuario a recorrer toda la vivienda para completar el tutorial.

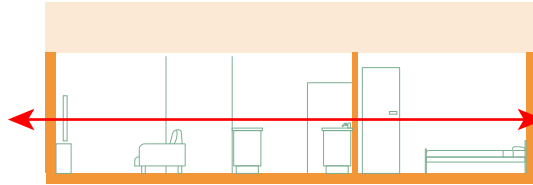


Figura 47 / Corte modelo primer nivel /  
Elaboración Propia

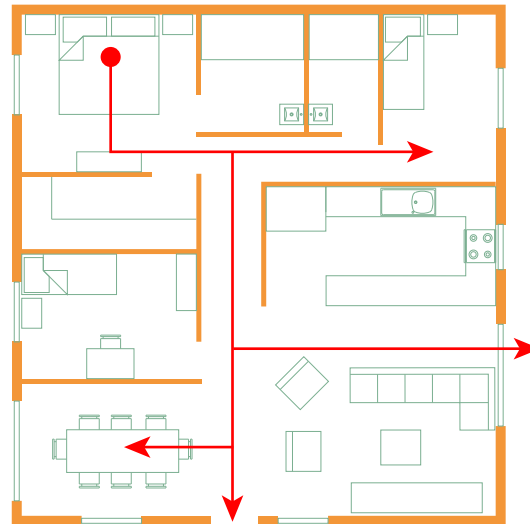


Figura 48 / Planta modelo primer nivel /  
Elaboración Propia

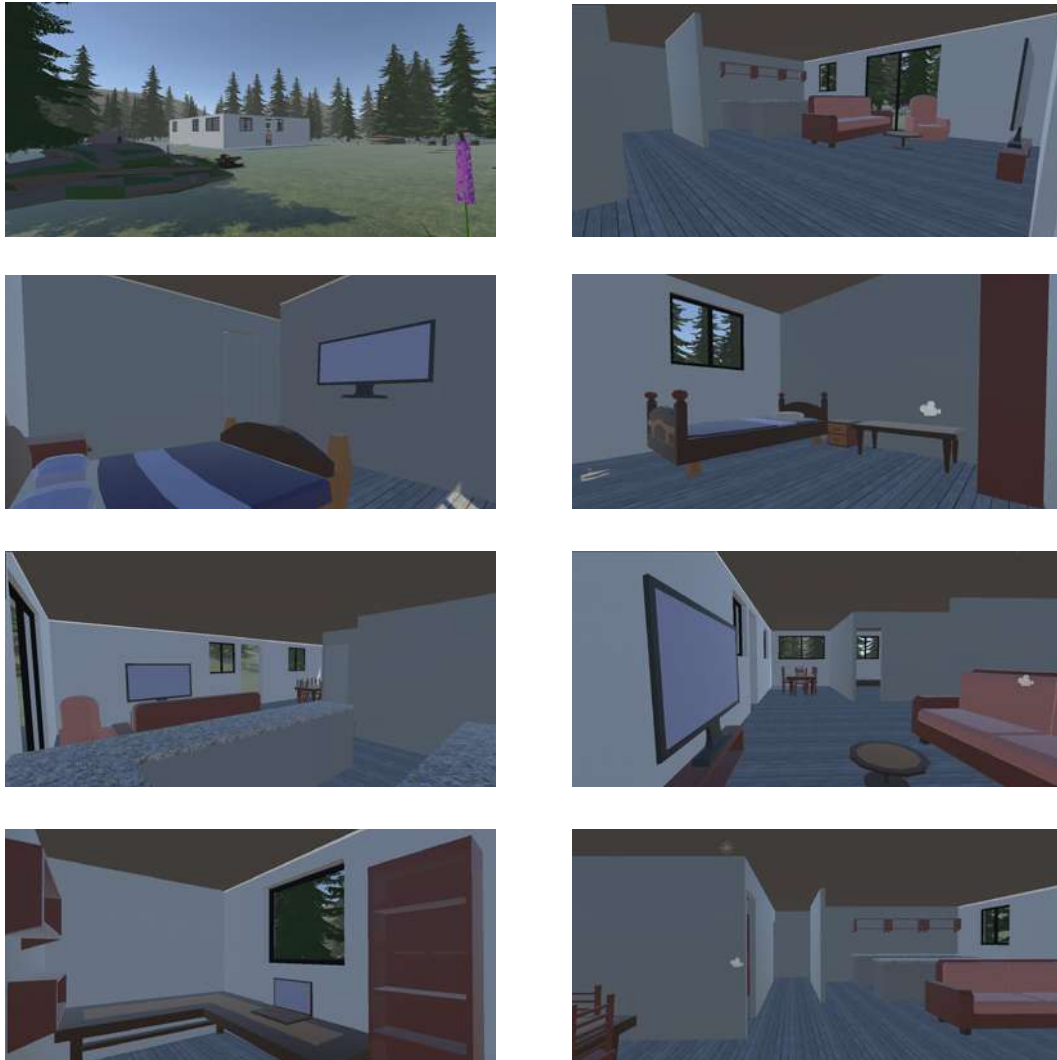


Figura 49 / Conjunto de capturas del modelo 3D / Elaboración Propia

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Segunda etapa

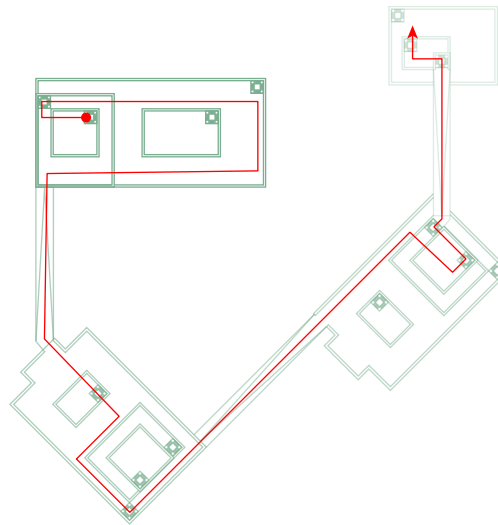
Construcciones en un terreno descendente, donde el segundo y tercer grupo muscular son los principales a trabajar al subir y bajar entre los pisos de las estructuras.

Se ubican distintas escaleras y puntos de control dentro del entorno para así estimular el movimiento de los grupos antes mencionados.

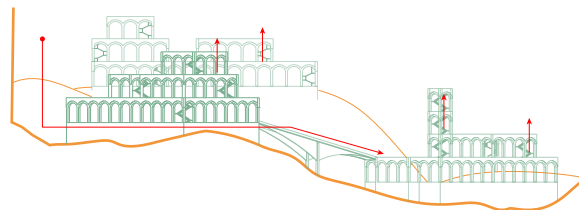
El desplazamiento general de este nivel es descendente, puesto que cada estructura se encuentra en distintos puntos del terreno que simula ser un terreno rocoso con una cascada.

Se presentan distintos puntos en las estructuras para llegar a puntos mas altos, para estimular el grupo muscular ascendente mientras se llega a distintos bloques.

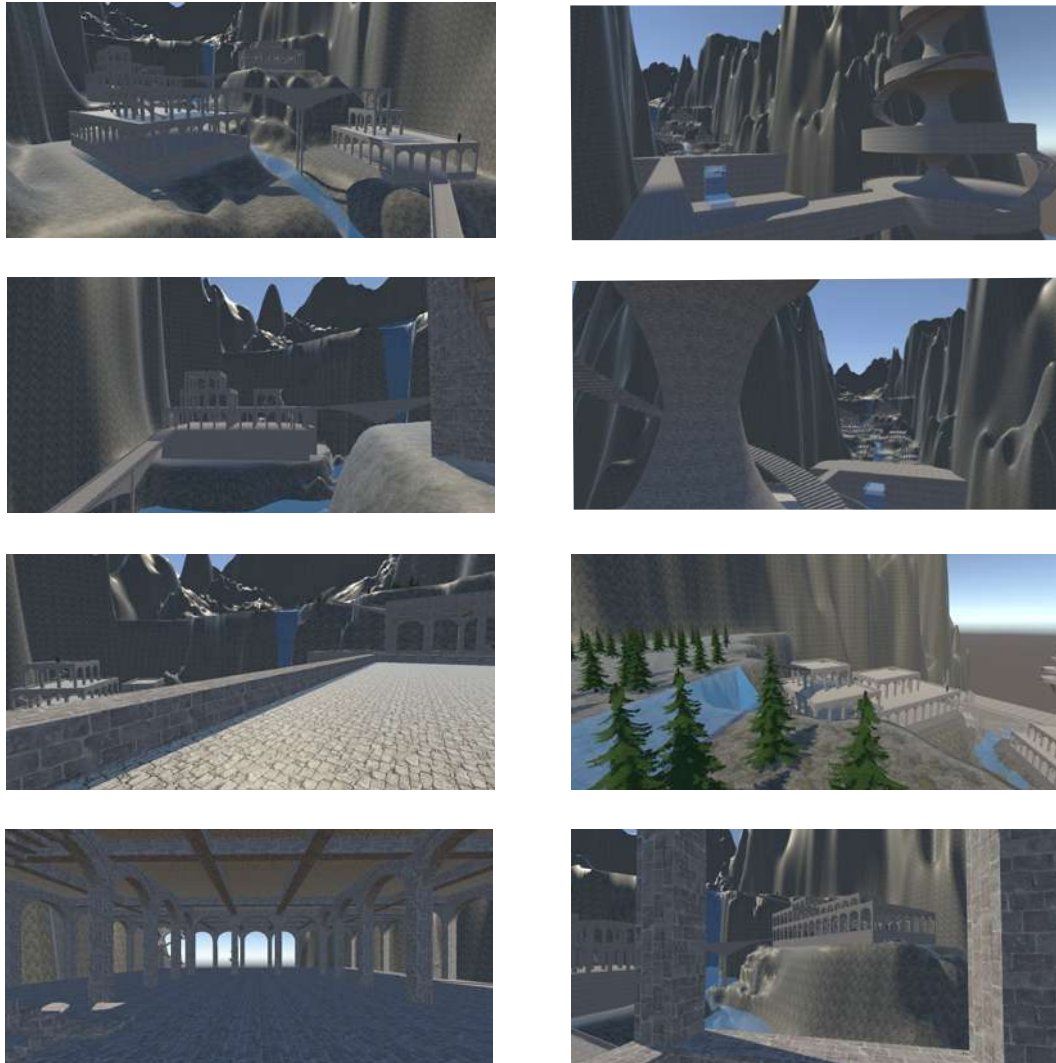
El punto final se proyecta una torre suspendida en el aire, que presenta unas escaleras para promover el ascenso



*Figura 50 / Planta representativa Segunda Etapa / Elaboración Propia*



*Figura 51 / Elevación Representativa Segunda Etapa / Elaboración Propia*



*Figura 52 / Conjunto de capturas del modelo 3D / Elaboración Propia*

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Primera etapa

Estructuras en ambiente abierto y enterrado, donde los 3 grupos musculares se ven estimulados.

Primer tramo, punto inicial más bajo, recorrido ascendente

Segundo y tercer tramo, se presentan a la misma altura, con la posibilidad de salir del recorrido lineal, recorrido horizontal

Cuarto tramo, recorrido ascendente, se proyectan escaleras que van rodeando la caída de agua que guió el camino inicial

Quinto tramo, recorrido vertical, se proyectan escaleras en una estructura subterránea, estas suben y bajan en distintos puntos.

Sexto tramo, se proyecta una caída de agua que llega a un espacio verde subterráneo, similar a un invernadero, se busca apreciar el espacio verde con la gran apertura de luz.

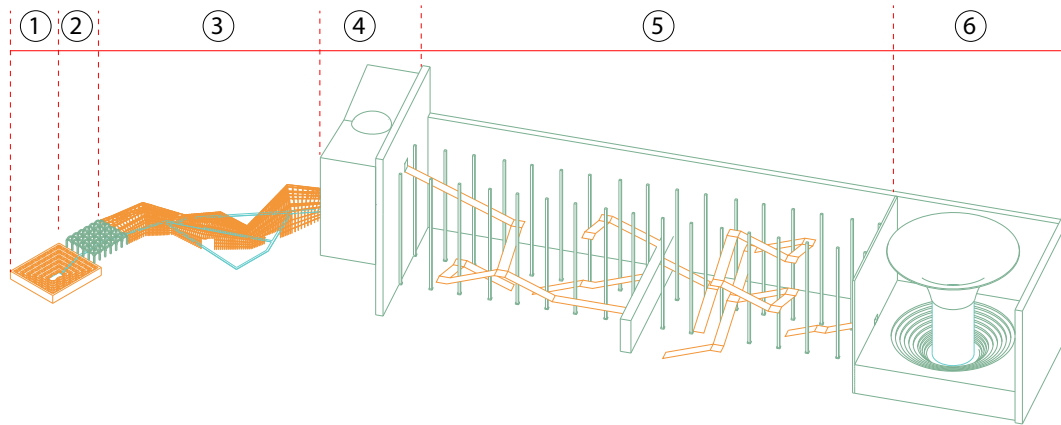
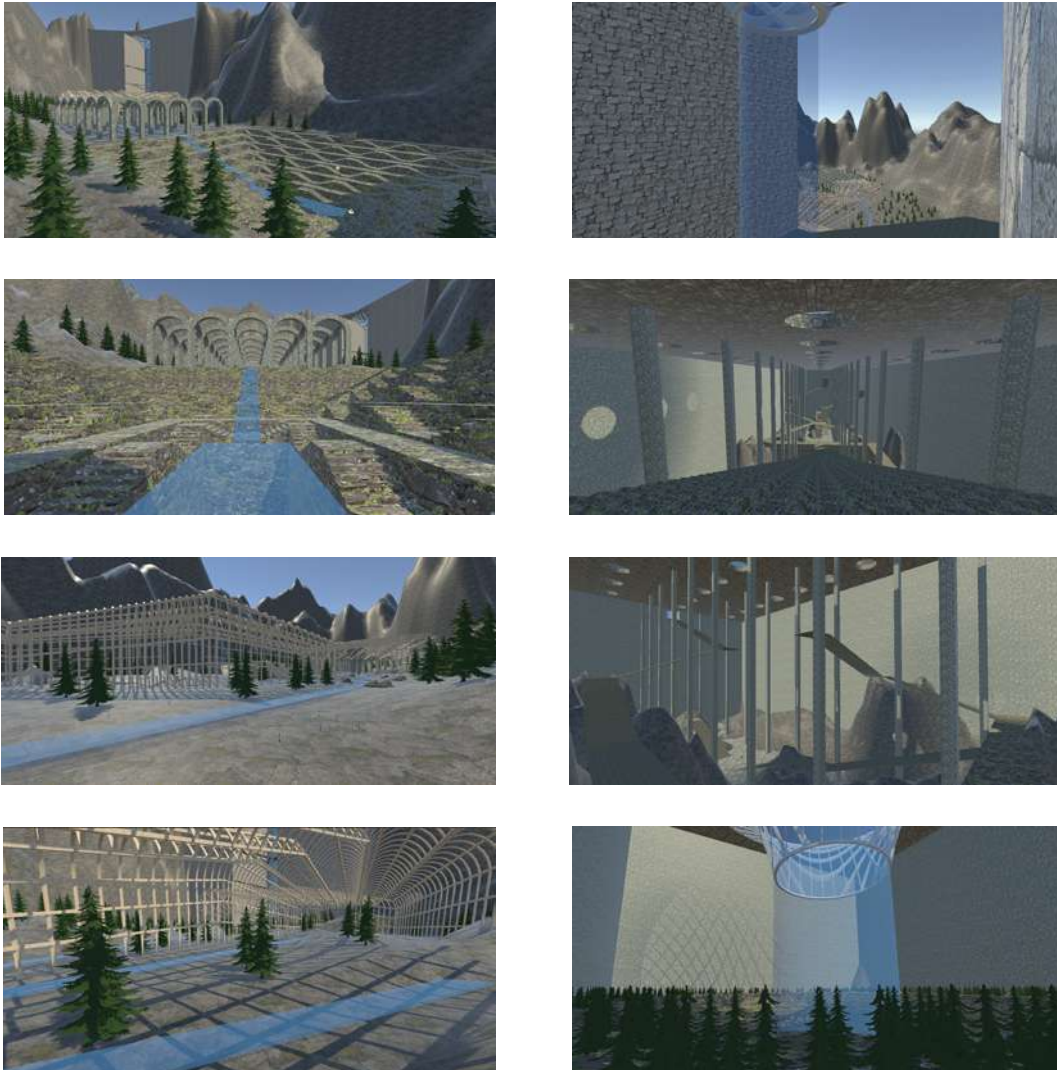


Figura 53 / Ilustración general Tercera etapa / Elaboración Propia



*Figura 54 / Conjunto de capturas del modelo 3D / Elaboración Propia*

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Aplicación

Tras seleccionar a los usuarios que participarán en las pruebas, se realiza la instalación y configuración del equipo. El proceso de configuración implica abrir el modelo en Unity y calibrar el espacio de interacción de los visores Oculus Quest 2. Para asegurar una correcta inmersión, esta calibración se inicia sentado, simulando la altura de visión del usuario en una silla (ya sea estándar o de ruedas).

Se delimita y despeja el área de uso del participante, asegurándose de respetar los radios de giro previamente definidos para prevenir cualquier choque entre el usuario y los objetos reales. Se instruye al usuario sobre los gestos específicos que deberá realizar durante la experiencia. Finalmente, se inicia la prueba, indicando que se desarrollará en tres etapas progresivas con el objetivo de facilitar la adaptación a las mecánicas de interacción.



*Figura 55 / Participante usando el prototipo en sesión de testeo / Fotografías tomadas por el autor*



*Figura 56 / Participantes utilizando el prototipo de realidad virtual durante las sesiones de prueba.  
/ Fotografías tomadas por el autor*

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Recopilacion de datos para analizar

Para la recopilación de datos se grabará al usuario interactuando en la experiencia para ver de manera externa que tanto se mueve.

Se grabará desde el mismo computador lo que el usuario esta viendo para comprender que es lo que está haciendo.

Se plantean puntos de encuentro dentro de la experiencia, que al llegar allí se cronometrara cuanto tarda en encontrar cada uno y tener el tiempo total de su recorrido completo.

Se comparan lo analizado desde afuera de la experiencia con los comentarios del usuario, para comprender el porque de sus movimientos.

Con estos puntos se busca llamar la atención del usuario, para que este busque recorrer todas las zonas dentro de la experiencia, así estimular el movimiento y el trabajo de las zonas musculares de estudio.

Se realizara una encuesta orientada a la actividad física, a la experiencia con el entorno y a la experiencia con el movimiento.

¿Te consideras una persona activa?

¿Cada cuanto haces ejercicios de brazos?

¿Sentiste que tus brazos empezaron a trabajar?

¿Te sentiste agotado físicamente dentro de la experiencia?

Si tu respuesta fue si, ¿qué te agoto más?

¿Te parecieron recorridos llamativos?

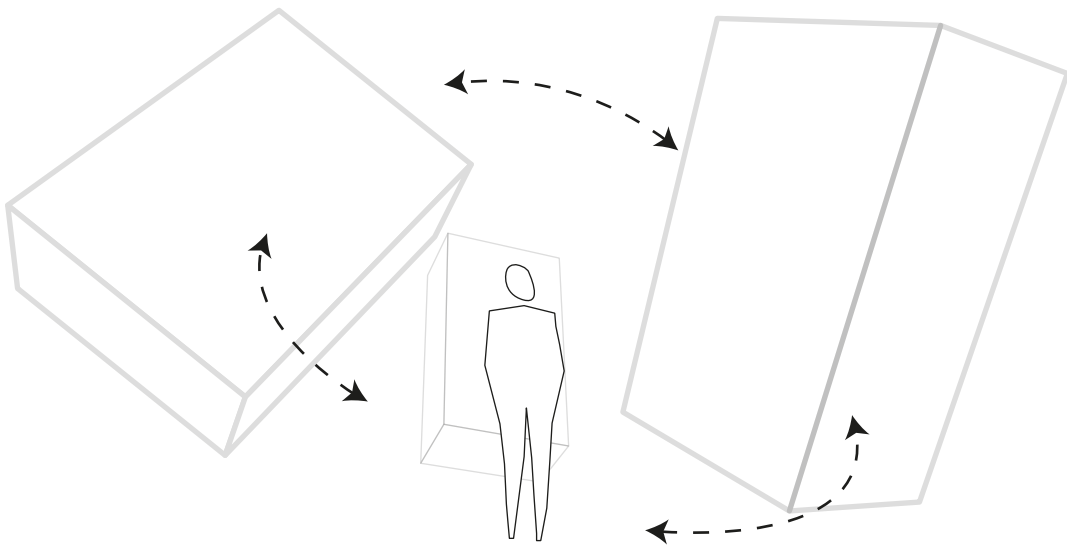
¿Te daban ganas de recorrer el entorno?

¿Se te complico encontrar los puntos de control?

¿Te desorientaste en algún momento?

¿Se te hizo fácil el tipo de movimiento dentro de la experiencia?

¿Repetirías la experiencia en entornos distintos?



# Movimiento y Percepción del Espacio

## Datos Testeo Preliminar

Los 3 sujetos no contaban con experiencia en RV  
No Presentan movilidad reducida  
Sin actividad Fisica

Se Percibió esfuerzo en los brazos



Figura 57 / Captura respuestas formulario

Medida de agotamiento del 1 al 5



Figura 58 / Captura respuestas formulario

Causas del agotamiento



Figura 59 / Captura respuestas formulario

Que tan atractivo fueron los entornos



Figura 60 / Captura respuestas formulario

Dificultad para encontrar puntos de control

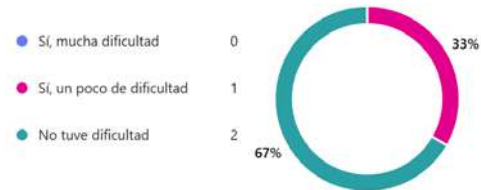


Figura 61 / Captura respuestas formulario

Que tan frecuente se desorientaron

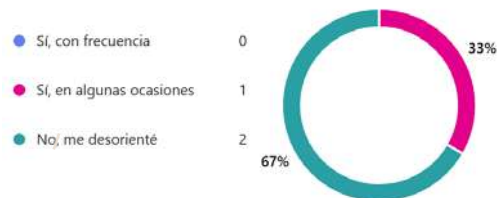


Figura 62 / Captura respuestas formulario

Que tan intuitivo fue el movimiento



Figura 63 / Captura respuestas formulario

### Testeo Preliminar

Se realizaron pruebas con 3 sujetos de 6 inicialmente seleccionados, debido a limitaciones de tiempo.

Observaciones:

Escala del segundo nivel:

Fue muy grande. Se incrementó la velocidad de desplazamiento del usuario (probando con X5, X8, X10) para facilitar la exploración. El usuario se sintió más cómodo con la mayor velocidad, considerándola más natural, se deja una velocidad X10.

Duración de las pruebas:

Primera prueba: 40 minutos.

Segunda prueba: 1 hora y 40 minutos.

El segundo usuario, menciona que no tiene mucha coordinación, tuvo un proceso de aprendizaje más lento. Además, se observó una considerable ralentización de la experiencia en la segunda etapa, dificultando el desplazamiento y el reconocimiento de gestos debido al alto consumo de recursos del computador.

Los comentarios generales destacan una mala optimización de la experiencia, principalmente a problemas de "lag" que limitan el reconocimiento de los gestos.

Ajustes para próximos testeos:

Reducción de la escala de los entornos: Se ha disminuido la escala de los entornos para facilitar y agilizar el recorrido por los mismos.

Rebalanceo de las velocidades de movimiento: Se han reajustado las velocidades de movimiento para lograr un desplazamiento más natural y fluido.

Optimización del rendimiento: Se han simplificado los entornos, reduciendo la cantidad de elementos, para mejorar el rendimiento de la experiencia. Además, se utilizará el cargador principal del computador durante las pruebas, garantizando un alto rendimiento y evitando dificultades en el reconocimiento de gestos.

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Datos Segundo Testeo

2 de los 6 sujetos no contaban con experiencia en RV  
No Presentan movilidad reducida

### Frecuencia Actividad física

#### Frecuencia

● Nunca	16.7%
● Pocas veces al mes	50%
● Una vez por semana	16.7%
● Cuatro o mas veces por semana	16.7%

Figura 64 / Captura respuestas formulario

### Frecuencia Actividad con brazos

#### Frecuencia

● Nunca	16.7%
● Pocas veces al mes	16.7%
● Una vez por semana	50%
● Dos veces por semana	16.7%

Figura 65 / Captura respuestas formulario

### Se Percibió esfuerzo en los brazos



Figura 65 / Captura respuestas formulario

### Medida de agotamiento del 1 al 5



Figura 66 / Captura respuestas formulario

### Causas del agotamiento



Figura 67 / Captura respuestas formulario

### Que tan atractivo fueron los entornos



Figura 68 / Captura respuestas formulario

## Segundo Testeo

Tras corregir los errores detectados en la experiencia preliminar, se realizó un segundo testeo con 6 participantes diferentes. La duración promedio para completar los 3 niveles de la experiencia fue de 30 minutos.

Análisis de la encuesta:

Se observa que una de las preguntas de la encuesta, orientada al diseño del entorno, presenta una estructura demasiado general. Para obtener una mayor claridad sobre este aspecto, se sugiere reformular la pregunta permitiendo a los participantes comentar sobre cada uno de los 3 niveles de forma individualizada.

Dificultad para encontrar puntos de control



Figura 69 / Captura respuestas formulario

Que tan frecuente se desorientaron

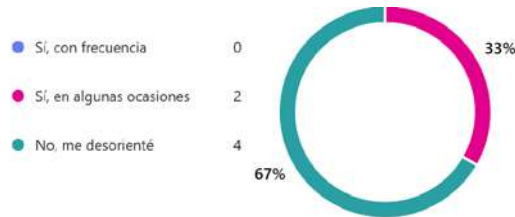


Figura 70 / Captura respuestas formulario

Que tan intuitivo fue el movimiento



Figura 71 / Captura respuestas formulario

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Datos Tercer Testeo

6 de los 11 sujetos no contaban con experiencia en RV

Una persona Presenta movilidad reducida

### Frecuencia Actividad fisica

#### Frecuencia

● Nunca	9.1%
● Pocas veces al mes	45.5%
● Una vez por semana	9.1%
● Dos veces por semana	27.3%
● Cuatro o mas veces por semana	9.1%

Figura 72 / Captura respuestas formulario

### Frecuencia Actividad con brazos

#### Frecuencia

● Nunca	9.1%
● Pocas veces al mes	54.5%
● Dos veces por semana	9.1%
● Cuatro o mas veces por semana	27.3%

Figura 73 / Captura respuestas formulario

### Se Percibió esfuerzo en los brazos



Figura 74 / Captura respuestas formulario

### Medida de agotamiento del 1 al 5



Figura 75 / Captura respuestas formulario

### Causas del agotamiento



Figura 76 / Captura respuestas formulario

### Que tan atractivo fue el primer nivel



Figura 77 / Captura respuestas formulario

### Que tan atractivo fue el segundo nivel



Figura 78 / Captura respuestas formulario

## Tercer Testeo

Considerando las observaciones de los participantes durante el segundo testeo, se realizaron ajustes adicionales a la velocidad de interacción y movimiento en cada nivel. El tutorial, en particular, presentaba una velocidad inicial considerada demasiado baja por los usuarios.

Este segundo testeo se llevó a cabo con 11 participantes, divididos en tres grupos: 3 personas el primer día, 6 el segundo y 2 el tercero. Cabe destacar que el último día se incluyó a un participante con movilidad reducida en un 52%, quien experimentó la interacción a través de su silla de ruedas.

Que tan atractivo fue el tercer nivel



Figura 79 / Captura respuestas formulario

Dificultad para encontrar puntos de control



Figura 80 / Captura respuestas formulario

Que tan frecuente se desorientaron



Figura 81 / Captura respuestas formulario

Que tan intuitivo fue el movimiento



Figura 82 / Captura respuestas formulario

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Datos generales de los 3 testeos

Que tan probable repetirían la experiencia con otros entornos



Figura 83 / Captura respuestas formulario

Que tan satisfechos se sintieron con la experiencia



Figura 83 / Captura respuestas formulario

En el apartado de sugerencias sobre la experiencia, los comentarios más recurrentes se referían a la necesidad de aumentar la variedad del entorno. Los usuarios solicitaron la incorporación de más elementos, como mayor vegetación, e incluso animales y personas.

En cuanto a las personas a quienes recomendarían la experiencia, la respuesta más común fue compañeros de carrera, familiares y personas con movilidad reducida o discapacidad.

Durante las pruebas, se grabó a los participantes para analizar la activación de sus grupos musculares. El grupo muscular más utilizado fue el del desplazamiento horizontal, lo que coincide con los comentarios de los participantes, quienes mencionaron con frecuencia sentir un trabajo físico durante la experiencia.

Una vez solucionados los problemas de rendimiento y escala de los proyectos, la duración promedio de la experiencia fue de 30 minutos. Esta duración variaba según las preferencias del participante al recorrer el entorno. Los recorridos más cortos se debían a que los participantes aprovechaban la ausencia de física para flotar y desplazarse rápidamente, mientras que los recorridos más largos correspondían a participantes que se tomaban el tiempo de explorar a pie todo el espacio disponible, como si la gravedad existiera, y disfrutaban de contemplar el entorno.

### Análisis de resultados

De acuerdo a los objetivos , se observó un asombro en los participantes al ingresar a entornos más amplios y de mayor escala. Este hallazgo da un indicio de que los entornos virtuales pueden generar una mejora en el bienestar emocional de los usuarios, incluso considerando que los entornos utilizados en las pruebas no se ajustaban a las características específicas de cada participante. Cabe suponer que un diseño adaptado a los gustos y experiencias individuales podría tener un impacto aún mayor en el bienestar emocional, ya que permitiría una inmersión más profunda y personalizada en la experiencia virtual.

En cuanto a lo físico, la mayoría de los participantes completaron las pruebas en su totalidad. Únicamente dos personas experimentaron mareos, por lo que se decidió finalizar su participación en el punto al que habían llegado. El resto de los participantes recorrió la totalidad del

entorno, fomentando el movimiento del tren superior. Tanto durante como después de la experiencia, los participantes comentaron haber realizado un trabajo físico.

En cuanto a la propuesta de movimiento, se identificaron algunos aspectos que requieren mejoras, como el reconocimiento de gestos. Las limitaciones de los códigos gratuitos de Oculus dificultaron la aplicación de la experiencia con gestos precisos.

En relación a la propuesta de “el entorno se mueva alrededor del usuario”, se obtuvieron respuestas mixtas. Algunos participantes percibieron que se desplazaban por el espacio, mientras que otros sintieron que el entorno se movía a su alrededor. Para mejorar esta experiencia, se sugiere incorporar más recursos, como agregar sonidos que simulen el movimiento de las estructuras durante las interacciones. La experiencia actual no se implementaron sonidos.

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Conclusión

Tomando en cuenta la problemática que enfrentan las personas con movilidad reducida y con el objetivo principal, este proyecto se presenta como una propuesta inicial o prototipo de una terapia orientada a este grupo.

Si bien la aplicación de la experiencia presenta desafíos en cuanto a la afinidad de los participantes con la tecnología o su coordinación preexistente, resulta ser una propuesta atractiva. A pesar de la curva de aprendizaje que puede presentar para algunos usuarios, es lo novedoso de la experiencia incentiva a los participantes a continuar su participación.

Asimismo, para optimizar la experiencia al máximo y obtener mejores resultados, se requiere del apoyo técnico de especialistas en el área. Cabe destacar que algunos resultados no alcanzaron su máximo potencial debido a que, en ocasiones, los gestos no se reconocían con total

precisión por la falta de códigos creados específicamente para este tipo de experiencia. La elaboración de un código especializado para este proyecto mejoraría notablemente la experiencia.

Se ha comprobado que la propuesta logra su objetivo principal de motivar el movimiento del tren superior mediante una experiencia espacial inmersiva. Además, el entorno atractivo de la propuesta también contribuye a la motivación de los participantes.

A partir de los comentarios recopilados en las encuestas, se han identificado nuevas áreas de exploración. Entre ellas, está la mejora de la coordinación del usuario y la aplicación de esta propuesta como calentamiento previo a rutinas de ejercicio.

Cabe destacar que un alto porcentaje de usuarios manifestó el potencial de la propuesta para

personas con movilidad reducida o discapacidad. Un ejemplo concreto es el de uno de los participantes con un 52% de inmovilidad, quien afirmó que esta experiencia podría ser altamente beneficiosa para este grupo poblacional, basándose en su propia experiencia.

Respecto a la pregunta de investigación sobre la posibilidad de que el entorno se mueva alrededor del usuario, los comentarios fueron mixtos, así que no se define una respuesta. Cabe destacar que las limitaciones técnicas mencionadas anteriormente podrían afectar esta percepción. Una vez superadas estas limitaciones, se podría explorar con mayor profundidad este aspecto de la propuesta.

En conclusión, la propuesta, a pesar de presentar limitaciones técnicas superables, posee un alto potencial para evolucionar hacia una propuesta más sólida y concisa que satisfaga plenamente los objetivos planteados.

### Trabajo a futuro

A partir de los resultados obtenidos, se identifican oportunidades para el desarrollo futuro de esta propuesta:

1. Propuesta definitiva como nueva opción de movimiento: Una vez superadas las limitaciones técnicas, se planteará la propuesta definitiva como una nueva opción de movimiento, adaptable grado de movilidad de los usuarios objetivo.

2. Diseños personalizados: Se explorará la aplicación de esta propuesta de movimiento a diseños personalizados para cada usuario. O ampliar del catálogo de entornos virtuales que los usuarios puedan elegir según sus preferencias.

3. Aplicaciones en arquitectura:

Se puede abordar la posibilidad de crear nuevos entornos arquitectónicos en base a esta propuesta de movimiento, lo que podría dar un pie inicial a nuevas estrategias de diseño.

# Movimiento y Percepción del Espacio

## Bibliografía

- Corbusier, L. (07 de 10 de 2020). Admagazine. Obtenido de Admagazine: <https://www.admagazine.com/arquitectura/la-arquitectura-segun-arquitectos-famosos-20201007-7538-articulos>
- Norberg-Schulz, C. (1971). Existencia y Espacio. <https://www.avanade.com/es-es/-blogs/el-blog/salud/rehabilitacion-realidad-virtual>
- Roca, J. (1995). Percepcion del Movimiento. Revista de Psicologia Gral. y Aplic. [https://oa.upm.es/68444/1/TFG\\_-\\_Jul21\\_Fernandez\\_Portal\\_Albarracin\\_Almudena.pdf](https://oa.upm.es/68444/1/TFG_-_Jul21_Fernandez_Portal_Albarracin_Almudena.pdf)
- Tourné, C. K. (2017). UN ENFOQUE DE ROBÓTICA VIRTUAL PARA PERSONAS QUE TIENEN DISCAPACIDAD MOTORA. <https://arqarqt.revistas.csic.es/index.php/arqarqt/article/view/44/41>
- Zumthor, P. (1998). Atmósferas: entornos arquitectónicos - las cosas a mi alrededor. <https://www.redalyc.org/pdf/560/56027416002.pdf>

