

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO - CHILE



“PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE REALIDAD VIRTUAL EN EL LAB UX”

FELIPE CHILLA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Profesor Guía: Claudia López
Profesor Correferente: Cecilia Reyes

Enero - 2024

DEDICATORIA

A mis seres queridos que me dieron la confianza necesaria para finalizar el trabajo, y a mi familia por ser la fuerza que me impulsa a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a mi familia, por mantener la fe en mí y darme el apoyo necesario para terminar este trabajo, sin ellos este proyecto no habría sido posible.

También quisiera agradecer a los ayudantes del laboratorio por dedicar su tiempo, buena voluntad, y energía. Debido a la naturaleza de este trabajo no habría podido desarrollarlo sin ellos.

Finalmente a mi profesora guía por darme las herramientas y su tiempo para guiarme en este proceso.

RESUMEN

Resumen— El Laboratorio de Experiencia Usaria (LabUX) de la Universidad Técnica Federico Santa María fue inaugurado a principios del año 2022. Debido al poco tiempo que lleva en funcionamiento, este aún no cuenta con medidas para realizar testing de tecnologías en el área de realidad virtual. Para solucionar esto, se propone la creación de un protocolo para la evaluación de tecnologías de realidad virtual, el cual será creado basándose en protocolos ya existentes y en las características propias del laboratorio. Este trabajo también abarca el proceso de validación del mismo, utilizando métodos de retroalimentación y aplicando la herramienta de valoración de la carga del trabajo NASA-TLX.

Palabras Clave— Realidad Virtual, Protocolos de Testing, Experiencia de Usuario, NASA-TLX.

ABSTRACT

Abstract— The User Experience Laboratory of the Universidad Técnica Federico Santa María was inaugurated at the beginning of 2022. Due to the short time it has been in operation, it does not yet have the tools for testing technologies in Virtual Reality. To solve this, we propose the creation of a protocol for the evaluation of Virtual Reality technologies, which will be created based on existing protocols and the laboratory's own characteristics. This work will also cover its validation process, making use of feedback and the workload assessment tool NASA-TLX.

Keywords— Virtual Reality, Testing protocol, User Experience, NASA-TLX.

GLOSARIO

VR: Realidad Virtual

LabUX: Laboratorio de Experiencia Usaria

TLX: Task Load Index (Índice de carga de la tarea.)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	IV
ABSTRACT	IV
GLOSARIO	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL	5
2.1 Realidad Virtual	5
2.2 NASA-TLX	9
2.2.1 Puntajes	10
2.2.2 Pesos	11
2.2.3 Ponderación final	12
2.2.4 Procedimiento	12
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	14
3.1 Elaboración del protocolo.	30
3.1.1 Actividades de valoración.	30
3.1.2 Preparación del material.	30
3.1.3 Preparación del usuario.	30
3.1.4 Ejecución.	31
3.1.5 Término de la actividad	31
3.1.6 Precauciones	31
3.2 Diseño de la actividad	31
3.2.1 Definir el espacio	32
3.2.2 Definir la actividad.	32
3.2.3 Definir método de evaluación.	33
3.2.4 Definir los materiales.	34
3.3 Prueba piloto.	34
3.4 Prueba del protocolo.	36

CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN	38
4.1 Análisis de resultados de TLX	40
4.2 Análisis de resultados de los tests realizados.	41
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	50
5.1 Validación de los objetivos	51
5.2 Alcance y limitaciones	52
5.3 Trabajo a futuro	53
ANEXOS	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Árbol del problema.	2
2	Proyección del tamaño de mercado de realidad virtual en USA en el período 2020-2030.	3
3	Espectro de Realidad Extendida.	5
4	Word Lens.	6
5	HoloAnatomy.	6
6	Beat Saber.	7
7	Representación del sistema CAVE.	8
8	Hoja de evaluación	11
9	Tarjeta	12
10	Proceso de propuesta de solución.	14
11	Diagrama del laboratorio con la Sala de <i>testing</i> encerrada en un círculo.	32
12	Diagrama del espacio definido.	33
13	Colores a los que corresponde cada categoría.	39
14	Puntajes ponderados otorgados a la tarea por cada usuario.	40
15	Vista general del diagrama de afinidad resultante.	42
16	Clúster 2.	43
17	Clúster 8.	44
18	Clúster 9.	48

ÍNDICE DE TABLAS

1	Observaciones Test piloto	35
2	Observaciones Prueba del protocolo	39

3	Análisis de puntaje TLX donde μ es la media y σ es la desviación estándar.	41
4	TLX: Definiciones de dimensiones.	55

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha instaurado una nueva instalación dentro de los edificios de la Universidad Técnica Federico Santa María, el Laboratorio de Experiencia Usaria (LabUX). Inaugurado en inicios del año 2021, el laboratorio busca generar un espacio en donde se permite llevar a cabo técnicas de investigación y evaluación de los procesos de diseño centrado en las personas: desde sesiones en grupo basadas en metodologías del *design thinking*, hasta test de usabilidad con usuarios finales [LabUX, 2022].

Sin embargo, dentro de las metodologías y servicios que el laboratorio ofrece falta la capacidad de trabajar con tecnologías de realidad virtual. Al requerir que el usuario se mueva físicamente en un espacio, y la mayoría de las veces sin poder percibir su entorno, resulta complejo desarrollar una metodología o incluso una serie de reglas que permita garantizar la seguridad del usuario, los ayudantes, y el equipamiento del laboratorio. Por ello, este trabajo busca elaborar un protocolo que le entregue las herramientas necesarias al laboratorio para poder utilizar tecnologías VR dentro de su espacio, preocupándose de ajustarse a las metodologías del laboratorio, y priorizando la comodidad y seguridad del usuario.

El área de VR busca generar una experiencia inmersiva e interactiva en el usuario. Para ello se utilizan *head-mounted displays*, los cuales consisten usualmente una pantalla dentro de cascos o lentes que suelen limitar la visión del usuario para aumentar la calidad de la experiencia. En el año 2021 el mercado de VR fue evaluado en 21.83 billones de dólares [GrandViewResearch, 2021] y sus tecnologías son utilizadas en diversas áreas. Considerando que "Fortalecer la formación e investigación multidisciplinaria en el desarrollo y evaluación de tecnologías centradas en las necesidades de las personas." es la misión establecida por el laboratorio, obtener las herramientas necesarias para trabajar con esta tecnología emergente resulta beneficioso para este y los estudiantes que busquen desarrollarse en esta área.

En este trabajo se desarrollará un protocolo que se ajuste a las necesidades del laboratorio. A continuación se detallará la problemática que inspiró este trabajo, para luego abordar el marco conceptual en donde se detallarán los conceptos y técnicas que se utilizarán en el desarrollo de este protocolo.

Luego se procederá a describir la propuesta de solución, los criterios y métodos que se utilizaron para desarrollar el protocolo, y las posteriores pruebas que se realizaron para comprobar que este cumpla los objetivos para los que fue desarrollado, recopilando datos cualitativos y cuantitativos. Finalmente, se realizará un análisis de todas las instancias de retroalimentación para identificar la efectividad del protocolo, y las mejoras posteriores que se le puedan aplicar. Por último se elaborará una conclusión en base a los hallazgos encontrados y si se cumplieron los objetivos planteados, evidenciando el alcance que tuvo este trabajo y estableciendo posibles lineamientos para trabajos futuros relacionados con el tema.

CAPÍTULO 1

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el laboratorio cuenta con recursos para realizar testing con una gran variedad de tecnologías: Desde aplicaciones móviles, hasta videojuegos. Sin embargo carece de los conocimientos para trabajar con tecnologías VR.

Para definir correctamente el alcance del problema se utilizó una herramienta llamada "Árbol del problema" (FIGURA 1), lo que permitió ampliar el entendimiento de la situación del laboratorio con respecto a las tecnologías de realidad virtual.

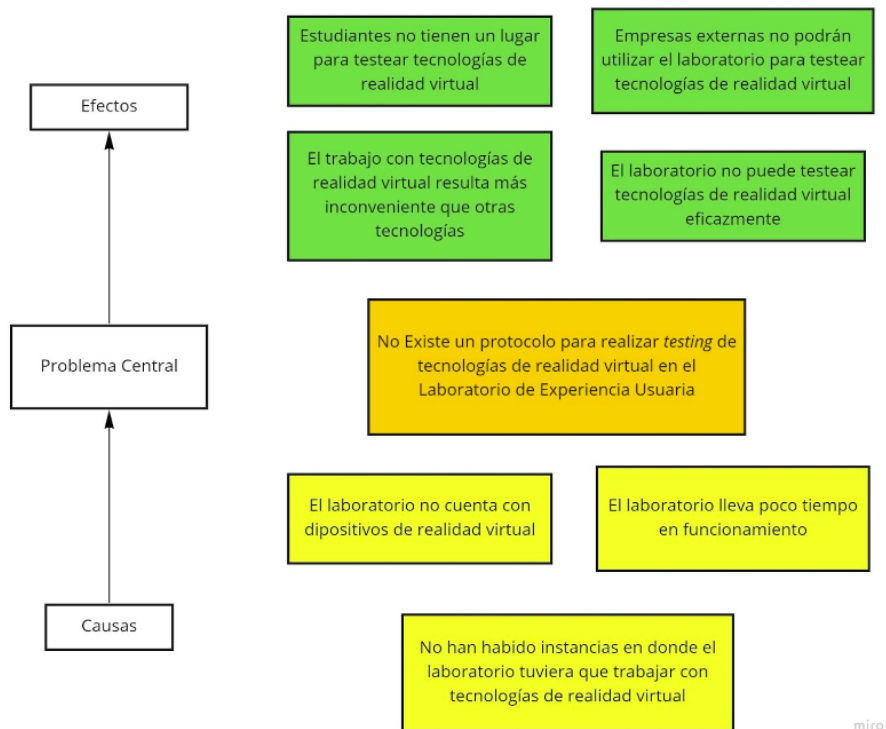


Figura 1: Árbol del problema.
Fuente: Elaboración propia.

Evidentemente el principal problema que aflige al laboratorio es la falta de medidas para trabajar con este tipo de tecnologías, esto se debe a su reciente apertura, lo que causa que la mayoría de los procesos y metodologías se encuentren recién desarrollándose o completamente ausentes. La poca duración de su funcionamiento también conlleva a que aún no han existido instancias en donde se hayan tenido que utilizar tecnologías VR dentro del laboratorio, por lo que no existen experiencias previas que se puedan utilizar para generar una base que los ayudantes puedan seguir. Por último el laboratorio tampoco cuenta con un dispositivo VR propio, lo que dificulta que generen medidas en base a experimentación

propia.

Todo esto conlleva a un gran déficit en cuanto a las capacidades del laboratorio con respecto a su comunidad. Estudiantes que estén desarrollando aplicaciones VR no pueden utilizar el laboratorio como espacio para probarlas, empresas externas que estén buscando de un espacio o personal para realizar *testing* de tecnologías VR tampoco pueden contar con el laboratorio, reduciendo sus oportunidades de proyectos y clientes.

El área de VR busca generar una experiencia inmersiva e interactiva en el usuario, para ello se utilizan *head-mounted displays* los cuales consisten usualmente una pantalla dentro de cascos o lentes que suelen limitar la visión del usuario para aumentar la calidad de la experiencia. En el año 2021 el mercado de VR fué evaluado en 21.83 billones de dólares [GrandViewResearch, 2021], con una tasa compuesta de crecimiento anual de 14.4 % (FIGURA 2). Sus tecnologías son utilizadas en diversas áreas: ya sea la instrucción de pilotos, ingenieros y mecánicos, el área del entretenimiento, su uso como herramienta educativa [Fromm *et al.*, 2021], y también su efectividad en tratamientos de salud mental [Emmelkamp y Meyerbröcker, 2021].

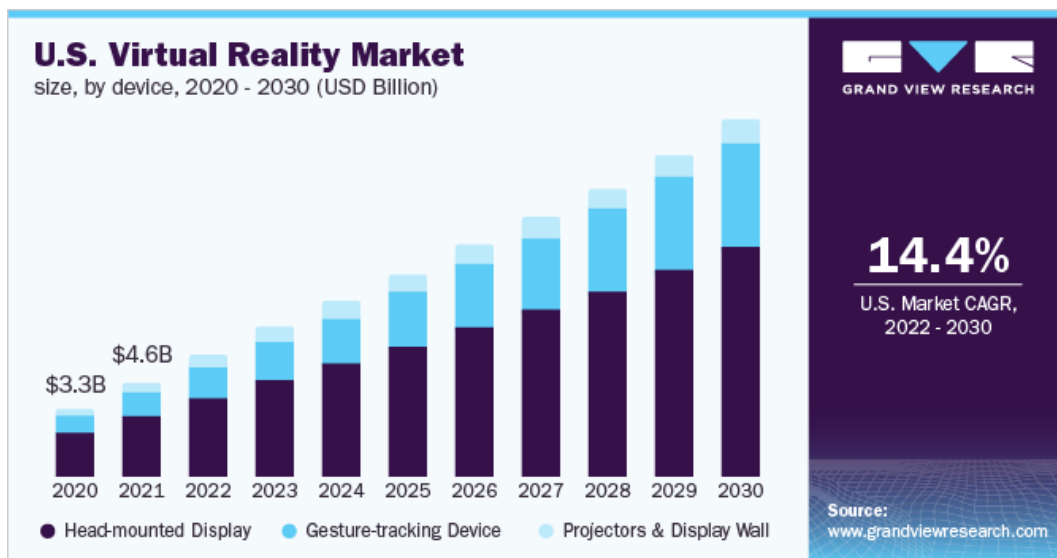


Figura 2: Proyección del tamaño de mercado de realidad virtual en USA en el período 2020-2030.

Fuente: [GrandViewResearch, 2021].

Sin embargo, el uso de estas tecnologías tiene requerimientos particulares. El usuario es motivado a moverse para interactuar con la experiencia, pero su visión se ve limitada al mismo tiempo, por lo que se debe tener especial cuidado del entorno a la hora de realizar alguna instancia de *testing*.

Al existir un protocolo, el LabUX ganará las herramientas que le permitirán convertirse en un espacio en donde estudiantes de la universidad, profesores, investigadores, profesionales, y especialistas en tecnologías VR podrán diseñar, crear, y realizar *testing* de productos relacio-

nados con el área de VR. Como actualmente no existe ningún lugar dedicado a trabajar con este tipo de tecnologías, el LabUX aumentará su valor dentro de la universidad y se convertirá en el lugar óptimo para ello, lo cual le permitirá promover métodos de diseño centrados en las personas para todas las tecnologías VR que se terminen desarrollando en la universidad.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y validar un protocolo para realizar testing de tecnologías de realidad virtual en el Laboratorio de Experiencia Usaria de la Universidad Técnica Federico Santa María, orientado a los ayudantes del laboratorio.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer un protocolo para el testing de tecnologías de realidad virtual en el laboratorio de experiencia usuaria, que incluya las mejores prácticas identificadas y se adecúe a las condiciones del laboratorio y al perfil de sus usuarios.
- Diseñar un método de evaluación para validar el protocolo, y entregar las herramientas necesarias para su revisión posterior y mejora continua.
- Validar el protocolo con ayudantes del laboratorio, a través de técnicas que permitan probar su efectividad y recoger retroalimentación sobre posibles mejoras.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2.1. Realidad Virtual

El término **Realidad Virtual** fue acuñado en el año 1989 por Jaron Lainer [Anthes *et al.*, 2016] con la intención de sintetizar diferentes conceptos de tecnologías que intentaban representar al mundo real con todos los sentidos. Actualmente, el concepto de VR forma parte del espectro llamado **Realidad Extendida**. Este espectro va desde una **baja inmersión** en donde el entorno del usuario corresponde al mundo real, y una **alta inmersión** en donde el entorno del usuario es completamente virtual, en otras palabras, ofusca los elementos del mundo real a su alrededor.

Realidad Extendida es el término genérico para describir tecnologías que alteran la realidad al añadir elementos digitales en el mundo físico, disfrazando la línea entre este y el mundo digital. Este espectro puede ser separado en tres categorías [Tremosa, 2022] (FIGURA 3):

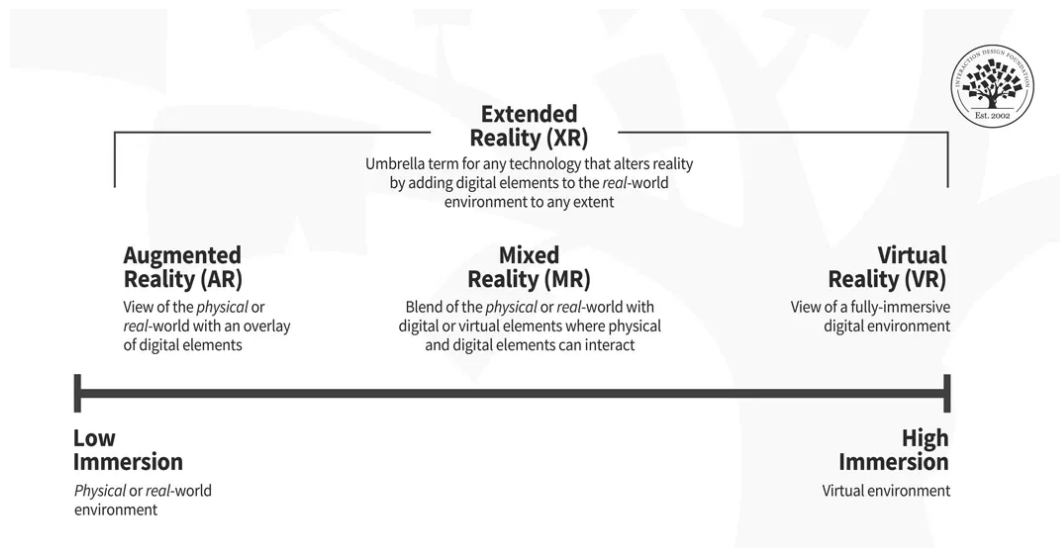


Figura 3: Espectro de Realidad Extendida.
Fuente: [Tremosa, 2022]

- **Realidad Aumentada:** Es una tecnología que permite la superposición de elementos digitales en el mundo real. Esta experiencia puede generar una visión compuesta de elementos reales y virtuales. Sin embargo, una característica crucial es que no existe interacción entre estos elementos.

Un ejemplo contemporáneo es la tecnología Word Lens (FIGURA 4) que permite traducir texto en tiempo real utilizando la cámara de un *smartphone*.



Figura 4: Word Lens.
Fuente: [9To5Mac, 2017]

- Realidad Mixta: Es una tecnología que no solo permite la mezcla entre elementos virtuales y físicos, sino que también facilita la interacción entre ellos. En una experiencia de Realidad Mixta el usuario puede interactuar tanto con los elementos del mundo real como los del virtual. En otras palabras, las experiencias de Realidad Mixta reciben señales del ambiente y cambian de acuerdo a este.

Un uso interesante de esta tecnología es HoloAnatomy [Case, 2022] (FIGURA 5) de Case Western Reserve University, una aplicación para la tecnología HoloLens de Microsoft que ofrece un curso de anatomía utilizando Realidad Mixta con motivos didácticos.



Figura 5: HoloAnatomy.
Fuente: [Case, 2022]

- Realidad Virtual: Es la tecnología que permite la creación de un ambiente digital completamente inmersivo. En experiencias VR el mundo real es ofuscado **completamente**. Muchas personas se resisten a la idea de que experiencias VR generan emociones *verdaderas* cuando saben que lo que perciben es *falso*. Hay que tener en cuenta que los seres humanos construyen la realidad basándose en la información que reciben con sus sentidos, es por eso que, incluso si hablamos de una experiencia completamente virtual, el cuerpo humano responde de la misma manera.

Debido a esto, el área de VR es muy popular en el contexto del entretenimiento, ya sea en el contexto de los videojuegos o en el caso de Experiencias VR, un análogo al cortometraje en donde el usuario se encuentra dentro de la historia pero con interacción limitada.

Un popular producto que hace uso de VR es el videojuego Beat Saber (FIGURA 6), en donde el usuario debe cortar bloques con sus controles al ritmo de la música.



Figura 6: Beat Saber.
Fuente: [BeatGames, 2019]

Como muestra la Figura 3, el principal criterio que divide estas categorías es el grado de inmersión que ofrece cada tecnología.

Inmersión puede ser definida como el *grado en el que el usuario se involucra con el medio* [Oliveira *et al.*, 2016]. Se argumenta que este grado se puede separar en tres niveles: compromiso, fascinación, y la inmersión misma. Compromiso es el grado mínimo de inmersión. Empieza con el interés del usuario y su entendimiento de la interfaz. El siguiente nivel, fascinación, está relacionado con el deseo de seguir utilizando el medio y la pérdida de atención en el entorno. El nivel máximo de inmersión se alcanza cuando el usuario se remueve completamente del mundo real y es afectado directamente por la tecnología.

Por lo tanto, VR está definido por la ausencia del mundo real en la experiencia del usuario. Para lograr este grado de inmersión se han creado distintos tipos de dispositivos que permiten ofrecer información sensorial al usuario mientras bloquean la mayor parte del mundo real [Riendeau, 2017]:

- **Simuladores completamente inmersivos:** Una de las áreas en donde VR alcanzó sus primeros logros. El simulador de vuelo Link, introducido en 1929, es el ejemplo más antiguo de esta tecnología. Fue creado para reducir accidentes de pilotos mientras eran entrenados. Hoy en día consisten en representaciones físicas del espacio que desean simular (ya sea la cabina de un avión o la silla de un automovil), pero toda interacción que realice el usuario es con un sistema que genera imágenes, sonidos, e incluso movimiento, de tal manera que la experiencia se parezca lo mayor posible a la máquina original. Esto permite entrenar a personal sin exponerlo a peligro, y a entrenar con circunstancias extremas pero poco comunes.
- **CAVE (Cave Automated Virtual Enviroments):** Un ambiente de VR del tamaño de una habitación, compuesto de proyectores para generar las imágenes en las paredes, un sistema de sonido 3D, sensores de movimiento para monitorear la posición y postura del usuario, y un par de lentes 3D LCD que permiten la luz intermitentemente para cada ojo, de tal manera que cada ojo reciba alrededor de 60 imágenes por segundo, creando así la ilusión de que el entorno es real (FIGURA 7). Con la llegada de los nuevos dispositivos VR más portables y de menor costo, su uso ha ido disminuyendo. Sin embargo, aún encuentran uso en proyectos de arquitectura, ingeniería, e incluso sistemas de entrenamiento de golf.

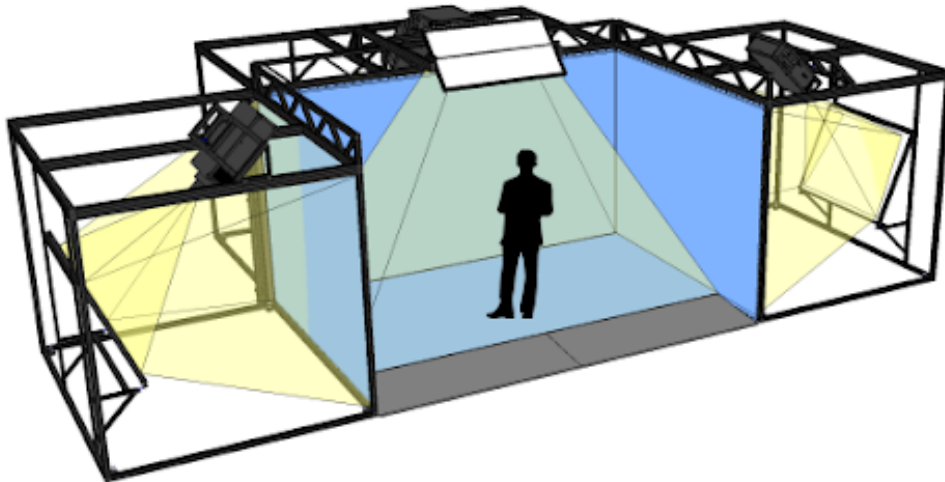


Figura 7: Representación del sistema CAVE.

Fuente: [Manuelraj, 2020]

- **Cascos VR con cables:** La categoría que el consumidor imagina cuando se habla de VR. Estos dispositivos dependen de un computador o consola para la tarea intensiva

de generar el escenario para los ojos del usuario en tiempo real y respondiendo a los movimientos de este. Las aplicaciones de videojuegos dominan este mercado gracias a su habilidad de generar inmersión y su precio asequible para una parte considerable del mercado.

El área de la salud también ha hecho uso de las tecnologías VR. Se han visto resultados positivos al tratar casos de PTSD (Desorden de estrés postraumático) [Emmelkamp y Meyerbröcker, 2021] , y como una herramienta que permite entrenar para situaciones de estrés.

- Inmersión total móvil: Presenta una opción más libre para experimentar VR ya que no requiere de un dispositivo externo que limite los espacios en donde se pueda utilizar este tipo de tecnologías. Originalmente compuestos solo por dispositivos móviles, hoy en día se encuentra un aumento en la calidad de estos dispositivos, entregando experiencias equivalentes a las de un dispositivo con cables. Si juntamos su creciente calidad con el hecho de que es la categoría con menos costo para el consumidor, no es sorpresa que esta sea la categoría más popular en el mercado.

Debido a la fuerte conexión que existe entre las tecnologías de realidad extendida, y en especial la realidad virtual, con el cuerpo humano y el movimiento, resulta un desafío poder evaluar las experiencias de los usuarios utilizando métodos tradicionales orientados a software en dispositivos más "estacionarios". Para enfrentar esta particularidad, en este trabajo se decidió hacer uso de un procedimiento llamado NASA TLX, en donde se toma en cuenta el tanto el efecto físico como el mental a la hora de evaluar la experiencia del usuario.

2.2. NASA-TLX

El NASA-TLX (Task Load Index) es un procedimiento de evaluación multi-dimensional que provee un puntaje de carga de la tarea, basado en la media ponderada de evaluaciones realizadas en seis subescalas: Exigencia Mental, Exigencia Física, Exigencia Temporal, Rendimiento, Esfuerzo, y Frustración [NASA, 1988]. Una definición para cada subescala se puede encontrar en el Anexo A.1

Esta herramienta denomina la carga de una tarea como *workload* y su objetivo es poder consolidar distintos aspectos que influyen en el *workload* de una tarea, tomando en cuenta también las diferencias que existen entre las distintas maneras que las personas se ven particularmente afectadas por estos aspectos.

Workload es un término que representa el costo de cumplir los requerimientos de una tarea por un operador humano. Este concepto fue creado debido a la dificultad de mantener el rendimiento de los operadores debido a: fatiga, estrés, enfermedad, o accidentes. Por esta razón, diseñadores, directores, y operadores, que están muy interesados en el rendimiento de los sistemas, necesitan respuestas sobre el *workload* del operador en todas las etapas del

sistema y operaciones. Las múltiples definiciones que existen en la literatura psicológica son un testamento de la complejidad del concepto, como lo son también el creciente número de causas, consecuencias, y síntomas que han sido identificados. Debido a la confusión de los expertos, es esperable que las personas a las cuales se les pidan evaluar las tareas, tengan un rango similar de opiniones y apliquen un concepto similar a aspectos muy diferentes de sus experiencias [Hart, 2006]. Para evitar esta discrepancia, NASA-TLX propone su evaluación multidimensional, con la esperanza de que alguna combinación de estas escalas termine representando el *workload* real de la tarea.

El proceso consiste en dos instancias principales: una evaluación multidimensional por parte de la persona que realiza la tarea en donde se le asigna un puntaje a la tarea según las seis escalas, y una ponderación en donde la persona le asigna un peso a cada factor.

2.2.1. Puntajes

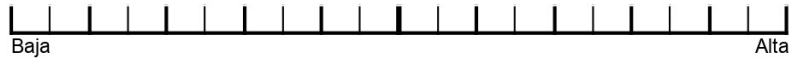
Para que la persona pueda evaluar la tarea que realizó según cada factor, se le entrega una hoja de evaluación (FIGURA 8), en donde se le presentan los distintos factores previamente definidos. Estos factores están representados en una escala que consiste en una línea dividida en segmentos equidistantes, con descriptores en cada extremo (Por ejemplo: Alta/Baja). La persona deberá entonces marcar cada escala en la ubicación que deseen. Las 21 líneas verticales dividen la escala desde 0 hasta 100 en incrementos de 5. Si la persona marca entre dos líneas, se considera el valor de la línea a su derecha (redondear hacia arriba).

Hoja de evaluación

Nombre: _____

Tarea: _____

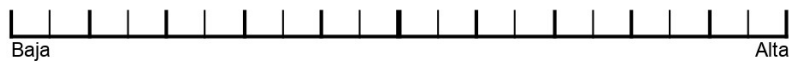
Exigencia Mental



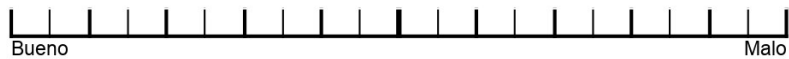
Exigencia Física



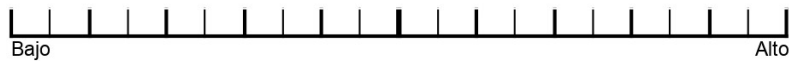
Exigencia Temporal



Rendimiento



Esfuerzo



Frustración

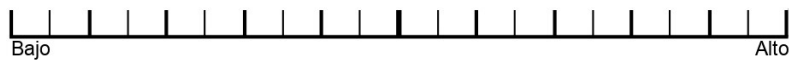


Figura 8: Hoja de evaluación
Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Pesos

Para que la persona pueda asignarle pesos a cada factor, y que estos pesos reflejen que tanto le afectan a su concepto particular de *workload*, se le entregan un set de 15 tarjetas que representan todas las posibles combinaciones binarias de estos factores (FIGURA 9). Estas tarjetas se van entregando de una en una de forma aleatoria, y la persona debe elegir cual de los dos factores le afecta más a su concepto particular de *workload*. Al terminar con todas las tarjetas, se generan los pesos necesarios para poder realizar la ponderación final de los puntajes. El peso de cada factor es el número de veces que fue elegido en el set de 15 tarjetas. Por ejemplo, si la persona no eligió Rendimiento en ninguna tarjeta entonces el peso de Rendimiento es 0.

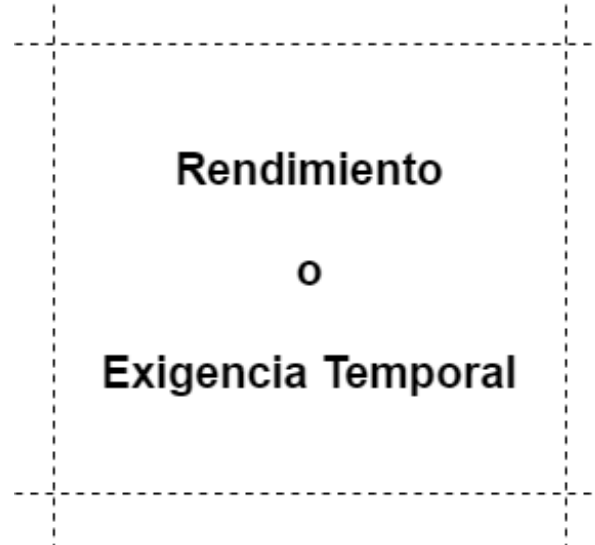


Figura 9: Tarjeta
Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Ponderación final

Finalmente, para obtener un indicador que permita cuantificar el *workload* de la tarea que realizó la persona, se realiza una media ponderada de todos los puntajes entregados en la hoja de evaluación, teniendo en cuenta el peso de cada factor según la persona. La fórmula para calcular el *workload* total de la tarea es la siguiente:

$$Workload = \frac{\sum_{i=1}^6 puntaje_i * peso_i}{15}$$

2.2.4. Procedimiento

El procedimiento consiste usualmente en los siguientes pasos:

1. Instrucciones: La persona lee las definiciones de los factores y las instrucciones. Un set de instrucciones es provisto en Anexo A.2 y Anexo A.3.
2. Familiarización: La persona practica el uso de las escalas de evaluación realizando un par de tareas para verificar que han desarrollado una técnica estándar para manejarlas.
3. Puntajes: La persona realiza la o las tareas, anotando los puntajes en las seis subescalas. Se rellenan un número de hojas de evaluación igual al número de tareas.

4. Pesos: La persona realiza el proceso de jerarquizar los factores una vez por cada tarea o cada grupo de tareas que comparten una estructura similar. Por ejemplo, en un experimento con varias tareas de memorización y varias tareas de velocidad, dos procesos de jerarquización deberán ser realizados.
5. Análisis: Tomando los puntajes y los pesos, se calcula el valor de los *workload* por cada tarea realizada.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Para solucionar la falta de conocimientos que permitan al LabUX utilizar tecnologías VR, esta memoria propone la elaboración de un protocolo que sirva como recurso para los ayudantes encargados de realizar actividades con el visor. Para generar el protocolo a utilizar en el laboratorio, se siguió la guía definida por [Sánchez Ancha *et al.*, 2011], sin embargo, se requirió recopilar la información necesaria para generar un protocolo que se ajuste a las necesidades del laboratorio. El proceso completo de creación del protocolo se puede resumir en el siguiente mapa de procesos (FIGURA 10). Las subsecciones siguientes tendrán el objetivo de explicar con más detalle cada una de las etapas de este proceso, mientras que la etapa de "Análisis de resultados" será desarrollada en la sección dedicada a la validación de la solución.

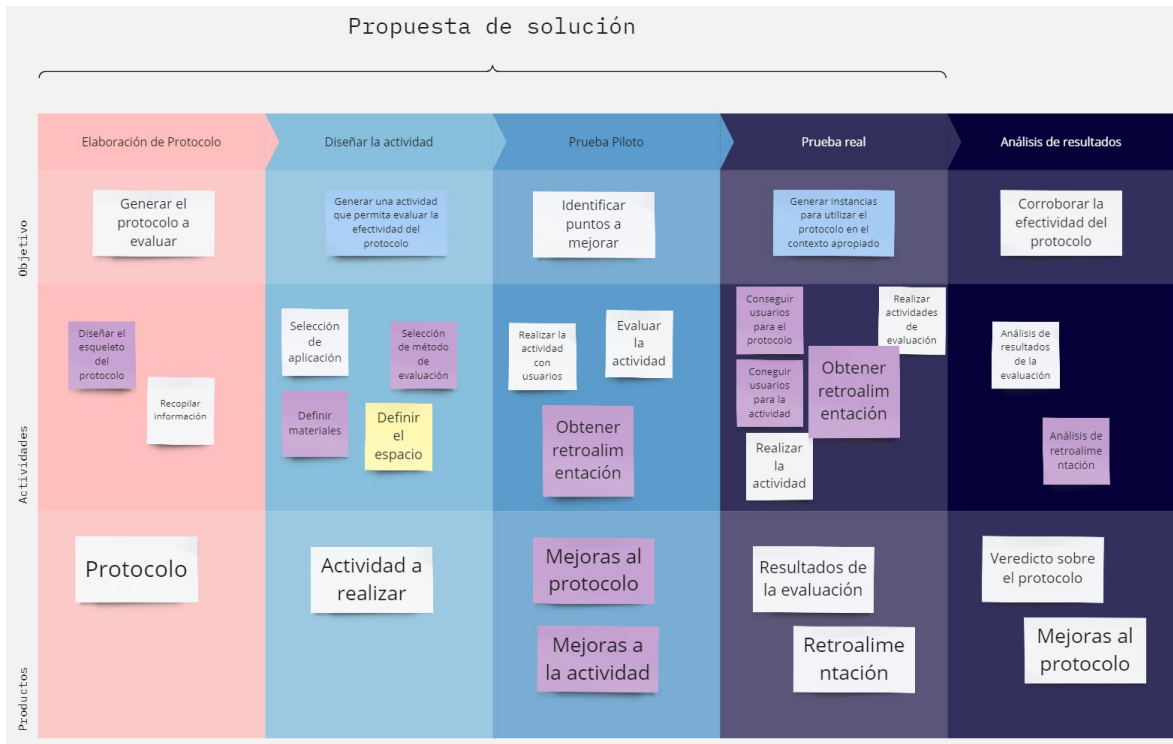


Figura 10: Proceso de propuesta de solución.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se hace muestra de la versión del protocolo utilizada en la posterior validación, para luego entrar en detalle sobre como el protocolo fue elaborado.

Protocolo para el uso del dispositivo Oculus Quest 2 en el Laboratorio de Experiencia Usuaría.

Fecha de elaboración: 01/09/2023

Fecha de revisión: 01/09/2024

Autor: Felipe Chilla

Revisores: Ayudantes del Laboratorio de Experiencia Usuaría

Declaración de Conflicto de Interés

Este documento fué creado y será revisado por personal relacionado con el Laboratorio de Experiencia Usaria, perteneciente a la Casa Central de la Universidad Técnica Federico Santa María. Por lo que se declara un conflicto de interés dado que los recursos de personal, y material requeridos por este documento deberán ser proporcionados por el mismo laboratorio.

Introducción

Este protocolo contiene la mayor parte de la información necesaria para aprender a utilizar los lentes de realidad virtual disponibles en el laboratorio (el dispositivo Meta Quest 2). Es recomendable que leas este protocolo con calma antes de ocuparlos con un usuario, pero no tengas miedo de probarlos por tu cuenta mientras lees esta página.

Definiciones

Testing: El testing de Software es el proceso de evaluación y verificación de que un producto de software o una aplicación haga lo que se supone que debería hacer. Los beneficios de testing incluyen prevenir bugs, reducir costos de desarrollo y mejorar el desempeño. (*What Is Software Testing and How Does It Work?*, n.d.)

En el caso del laboratorio nos centraremos en un campo específico del área llamado **test de usabilidad**, en donde se evalúa que tan bien un usuario puede utilizar un sistema o aplicación (en este caso de realidad virtual) para completar una tarea.

Objetivos

Generales:

Diseñar y validar un protocolo para realizar testing de tecnologías de realidad virtual en el Laboratorio de Experiencia Usaria de la Universidad Técnica Federico Santa María, orientado a los ayudantes del laboratorio para mejorar la experiencia de sus usuarios.

Específicos:

- Evitar accidentes durante el desarrollo de actividades con dispositivos VR en el laboratorio.
- Generar un proceso replicable para uso de los ayudantes del laboratorio.
- Generar un proceso de validación para mejoras posteriores en el futuro del laboratorio.

Ámbito de aplicación y Grupo objetivo

Este protocolo está orientado para los ayudantes del Laboratorio de Experiencia Usuaría de la Universidad Técnica Federico Santa María, se debe tener conocimientos sobre como realizar actividades de testing en el laboratorio, y es deseable que se posea experiencia previa en cuanto a testing y tecnologías de realidad virtual.

Personal involucrado

Usuario: Persona seleccionada para realizar la tarea, será la persona encargada de utilizar el visor por la mayor parte del proceso y es la persona que nos dará los datos importantes para evaluar la aplicación al momento de probarla.

Facilitador: Persona perteneciente al laboratorio encargada de preparar la actividad, tratar con el usuario, y responsable de que las actividades se realicen sin ningún problema ni accidente.

Material

- Dispositivo de realidad virtual Oculus Quest 2: Provisto por el laboratorio con 2 controles incluidos y un soporte adicional para mayor comodidad del usuario.
- Cobertura facial de silicona para el visor.
- Toallas húmedas sin abrasivos ni aroma.

Términos y definiciones

VR: Realidad virtual.

Visor: Dispositivo de realidad virtual Oculus Quest 2.

LabUX: Laboratorio de Experiencia Usuaría de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Sistema Guardián: Sistema propio del visor que genera paredes virtuales para indicar al usuario cual es la zona en la que se puede mover sin problemas.

Procedimiento

- Actividades de Valoración

El dispositivo está diseñado para personas de 13 años (*Meta Quest 2 Safety Hub: Manual & Guides* | Meta, n.d.) o más por lo que se debe confirmar la edad del usuario antes de comenzar con el procedimiento.

Confirmar si el usuario no presenta condiciones médicas preexistentes como **convulsiones debido a luces intermitentes**, o si utiliza equipo médico remoto como **marcapasos, audífonos, o defibriladores**, ya que pueden verse afectados por interferencias causadas por el visor o los controles. Si se encuentra en alguno de estos casos, solicitar que el usuario consulte con su médico antes de utilizar el dispositivo.

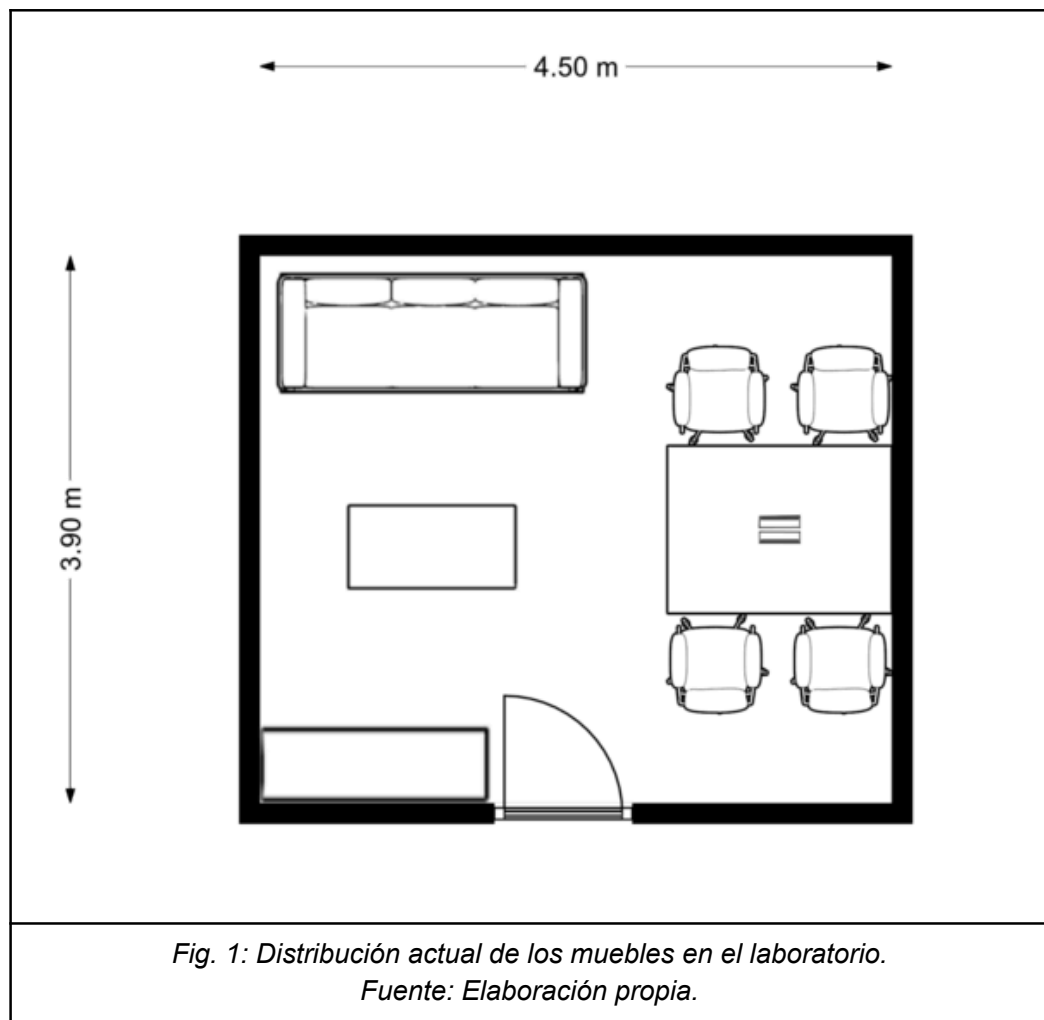
Es importante cerciorarse del estado del usuario antes de comenzar con el procedimiento. **Detener la actividad** si el usuario presenta señales de encontrarse:

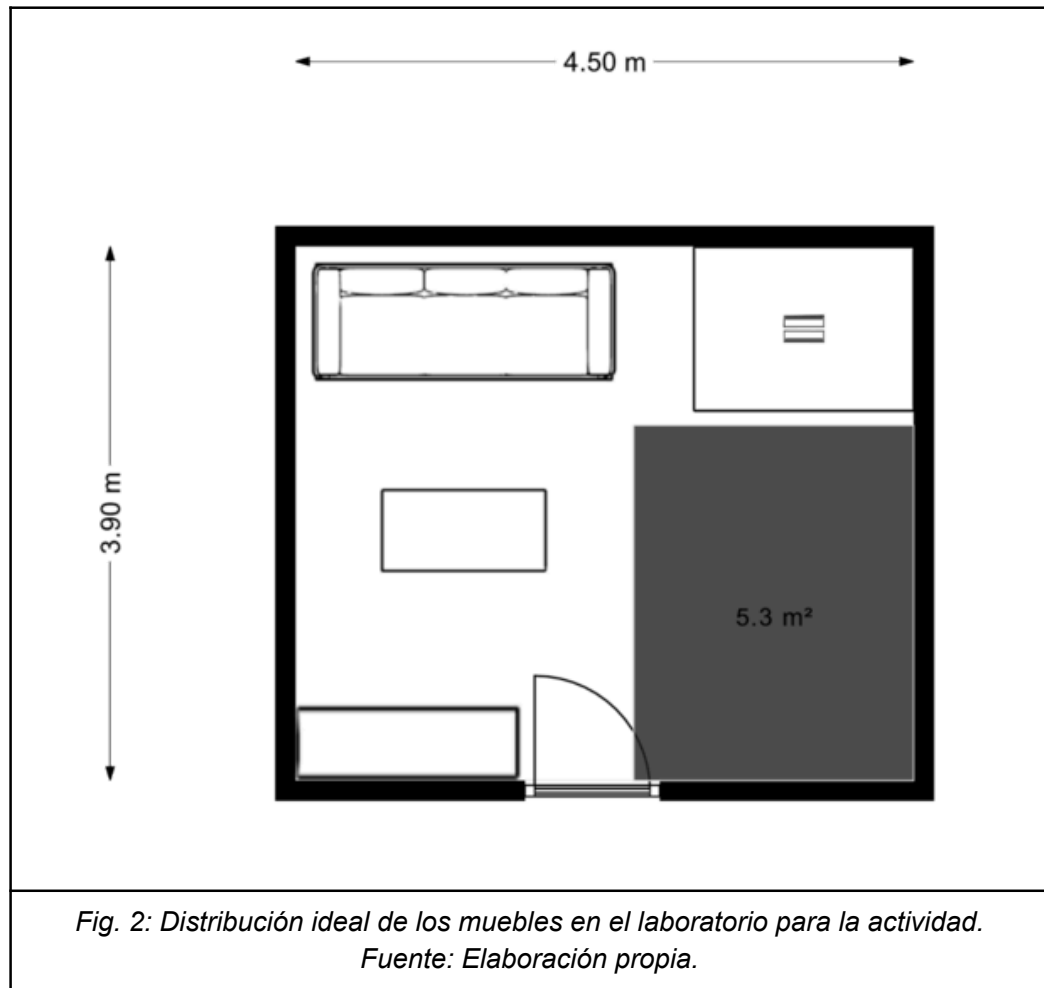
- Cansado/Exhausto.
- Con falta de sueño.
- Bajo la influencia del alcohol o drogas.
- Con resaca.
- Con problemas digestivos.
- Con ansiedad o bajo mucho estrés.
- Con un resfriado, gripe, dolores de cabeza, migrañas, o dolor de oído.
- Con condiciones contagiosas relacionadas con la piel, ojos, o el cuero cabelludo. (conjuntivitis, piojos, sarpullidos)

- Preparación del material

La sala de Testing en el LabUX cuenta con micrófonos de cielo, y cámaras para registrar el proceso de testing. Sin embargo, no hay suficiente espacio para moverse con seguridad (Fig. 1), por lo que se tendrá que modificar la distribución de los muebles para generar un espacio seguro para que el usuario se pueda mover.

Para esto, se sacarán las sillas de la sala, y se moverá la mesa hasta que tope con la muralla superior, de esta manera, contaremos con un área de aproximadamente 5.3 m² en donde el usuario se podrá mover en libertad siempre y cuando la puerta se mantenga cerrada. (Fig. 2) En caso de emergencia, el testing se suspenderá, por lo que no hay problema en mantener la puerta cerrada durante este.





Para preparar la sesión de *testing*, es esencial tener el visor listo para ser utilizado, de esta manera no se pierde tiempo con el usuario presente. Para preparar el dispositivo se necesitan realizar las siguientes tareas:

- Encender el dispositivo: Se debe encender el dispositivo y asegurarse de que tiene suficiente batería para su uso. El dispositivo que tenemos disponible tiene una batería con duración de 2 horas, por lo que idealmente deberá estar con su batería al máximo para evitar contratiempos.
- Definir el sistema guardián: Para utilizar el dispositivo, este requiere la definición de un “Sistema Guardián” (Fig. 3), el cual consiste en el área en donde el usuario tendrá permitido moverse para no chocar con elementos de su alrededor. Para definirlo, se deben seguir las instrucciones dadas por el mismo visor y dibujarlo con la ayuda de los controles. Una vez definido, el “Sistema Guardián” queda guardado en la memoria del dispositivo, sin embargo es recomendable revisar que este corresponda al área definida (Fig. 2).

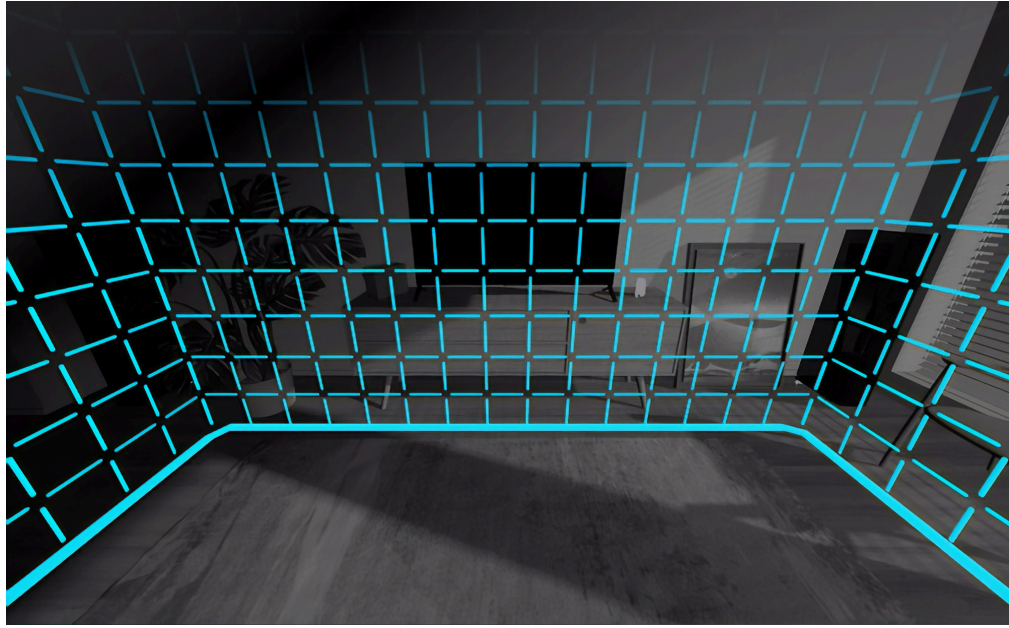


*Fig 3: Imágen de Sistema Guardián definido en el living de una casa.
Fuente: (Heaney, 2020)*

- Abrir la aplicación: Es necesario también tener la aplicación lista para el *testing*, deje la aplicación de tal manera que el usuario apenas se ponga el dispositivo esté listo para comenzar la tarea. También es recomendable documentar qué botones de los controles van a ser utilizados, cosa de que los usuarios no familiarizados con el dispositivo estén al tanto de que botones existen, ya que al tener el visor puesto no podrán revisarlos con sus manos. (Sin embargo, no informar al usuario de los controles también puede entregar información sobre qué tan intuitivos son, por lo que esta parte queda a discreción de el que diseñe el test para que lo tenga en consideración)
- Preparación del usuario

El dispositivo está diseñado con 3 posiciones distintas de separación entre los lentes, en el borde superior entre los lentes existe un indicador que informa en qué posición se encuentra el dispositivo en cada momento.



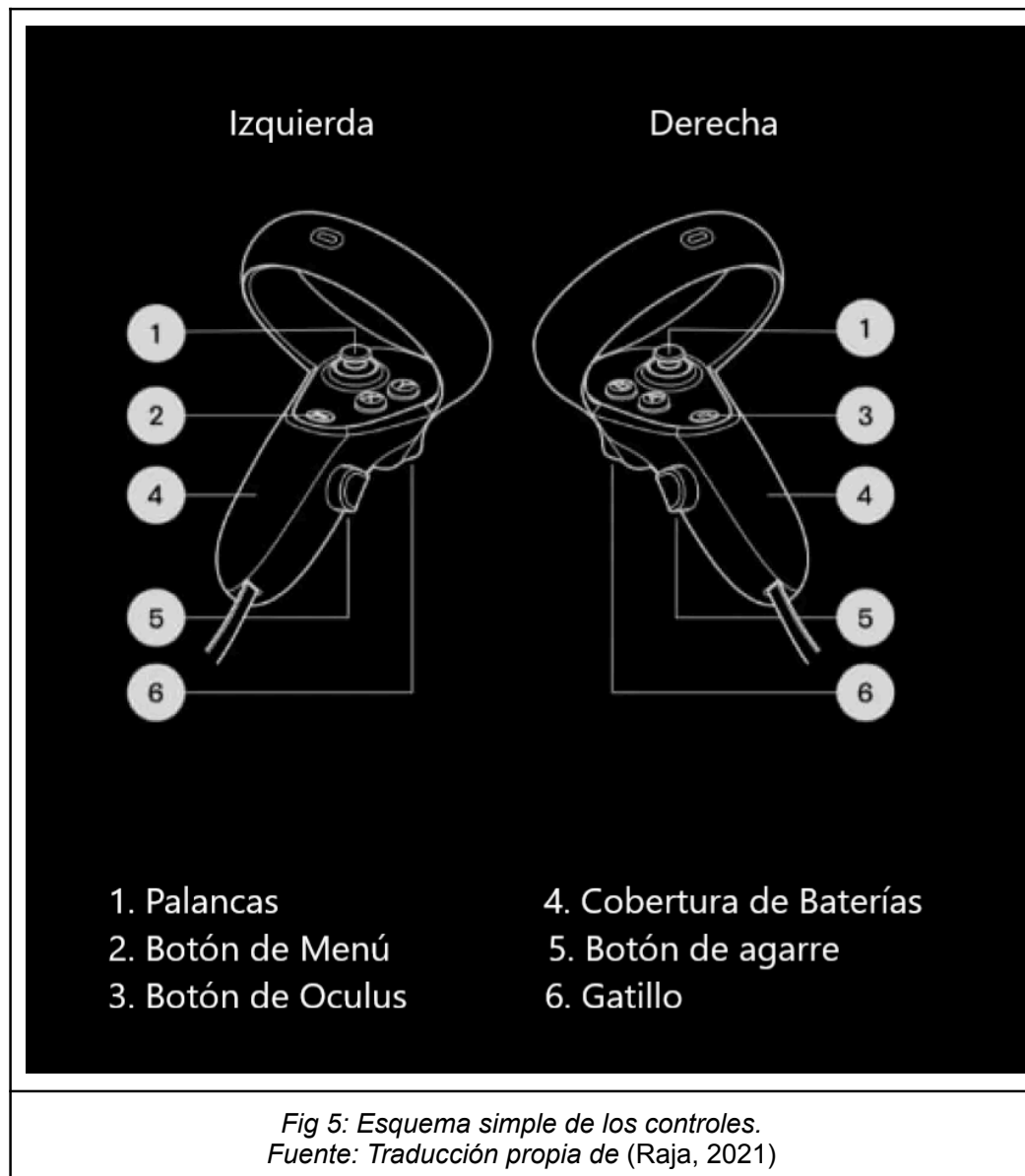
*Fig 4: Imágen del indicador de separación entre las posiciones 2 y 3
Fuente: Elaboración propia.*

Tenemos que determinar cual de estas resulta más óptima para el usuario y la distancia entre sus pupilas.

- Comenzaremos moviendo físicamente los lentes hasta su posición más separada (posición 3).
- Luego le colocaremos el dispositivo sin ajustar los soportes al usuario y le preguntaremos si ve borroso, es importante que el usuario mueva con libertad el dispositivo cuando lo tenga puesto con tal de que pueda verificar la separación de los lentes viendo con el mejor ángulo posible, esto generalmente consiste en el usuario acomodando su cara más arriba o más abajo, lo cual afecta que tan nítida se ve la imagen.
- A continuación, retiramos el dispositivo de la cabeza del usuario y movemos los lentes a la posición 2, posteriormente colocando de nuevo el dispositivo en el usuario para que verifique si puede ver perfectamente. En caso contrario, recuperamos nuevamente el dispositivo y probamos con la posición 1 de los lentes. Si el usuario aún no puede ver una imagen nítida, entonces le pediremos que elija cuál de las 3 posiciones resultó más cómoda y trabajaremos con esa.

En el caso de que esta sea la primera vez que el usuario utiliza el dispositivo es recomendable realizar un acercamiento a los controles y el visor. Para esto, le solicitaremos al usuario que se pare en el centro del espacio preparado para el test, con esto procederemos a mostrarle los controles:

- Se le mostrarán al usuario cada control y en qué mano se colocan, también se le mostrará e informará de todos los botones existentes: los **gatillos** frontales, los **botones de agarre** laterales, **A, B, X, Y**, las **palancas**, y el hecho de que las palancas pueden también ser presionadas como botones.
- Será importante también resaltar la existencia del botón **Oculus** y **Menú**, ya que estos no son apreciables fácilmente con el tacto, haciendo difícil que el usuario los encuentre en medio del test sin saber de su existencia previa.



- Ejecución

Ahora será momento de colocar el visor y ajustarlo para mayor comodidad. Es importante que el visor se encuentre bien colocado y firme, ya que en caso contrario esto puede causar mareos, empeorar la calidad de la imagen, y dolores musculares. Para ello se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Para colocar los controles, soltaremos las correas de los controles y le pediremos al usuario que se los coloque en las manos correspondientes. El control con **A** y **B** es el derecho, mientras que el control con **X** e **Y** es el izquierdo. Luego ajustaremos las correas para que los controles no se caigan en caso de que el usuario los suelte.
- Cuando se le coloque el visor al usuario, el soporte deberá estar extendido al máximo, para que sea fácil de colocar. Luego, se le pedirá al usuario que mueva el visor a gusto con tal de que la imagen se vea nítida, cuidando que el lente ocupe su frente de soporte y no en sus mejillas ya que de lo contrario esto podrá generar dolor en la nuca después de un tiempo.
- Una vez que el usuario se encuentre cómodo con el visor, se ajustará el soporte de tal manera que el visor esté firme en la cabeza del usuario y no se desajuste con el movimiento de su cuello.
- Con el visor ya listo el usuario puede comenzar a manejar los controles y se encuentra listo para la actividad.
- Informar al usuario de la existencia y funcionamiento del Sistema Guardián

Luego de que el usuario se encuentre en posición, el facilitador deberá retirarse del área designada e indicar al usuario que la actividad puede comenzar. Proceder con la actividad planeada.

- Realizar la actividad

- Término de la actividad

Al momento de terminar la actividad, seguir las siguientes instrucciones para minimizar riesgos de accidentes:

- Indicar al usuario que la actividad se ha terminado y que debe parar todo movimiento. No proceder hasta que el usuario se encuentre quieto.
- Una vez que el usuario se calme, indicar claramente que el facilitador se acercará hacia el usuario, en este momento el usuario se encuentra totalmente ciego en cuanto al espacio del laboratorio por lo que la advertencia le permitirá evitar una reacción no deseada cuando el facilitador se acerque.

- Utilizar la perilla en la parte posterior del visor para extender el soporte al máximo y retirar el visor de la cabeza del usuario. Dejar el visor en una superficie plana y estable.
- Indicar al usuario que se remueva los controles extendiendo las correas y quitándose las de las muñecas. Dejar los controles en una superficie plana y estable.
- Retirar la cobertura de silicona y limpiarla con las toallas húmedas. Secar en el aire. (*How Do I Clean and Sanitize My Oculus for Business Devices?*, n.d.)

● Precauciones

- Al tomar el visor procura no tocar las cámaras al frente de este.
- Mantener la zona designada libre de obstáculos. Ninguna persona puede entrar en la zona designada mientras la actividad se esté realizando, ya que el usuario no se encuentra consciente de su entorno mientras utiliza el dispositivo.
- Siempre utilizar las correas de los controles para prevenir accidentes.
- No exponer los lentes internos de vidrio a la luz solar ni directamente a luz artificial, podría generar daños irreparables al dispositivo.
- En caso de dolores musculares, náuseas, o cualquier complicación, detener inmediatamente el testeo.
- Preferir usuarios que no utilicen anteojos. Si no es posible, que el marco de los anteojos no sea grande, o solicitar que el usuario utilice lentes de contacto (Anteojos muy grandes generan incomodidad y podría rayar el lente del dispositivo). El visor acomoda el uso de lentes, pero de preferencia evitar riesgos.
- En caso de que el usuario tenga el pelo largo pedir que se tome el pelo en una cola.

Evaluación

Para validar la efectividad de este protocolo en el futuro se deben seguir las siguientes indicaciones:

1. **Definir una actividad a realizar:** Para este ejemplo realizaremos un test de usabilidad de la aplicación Beat Saber, pidiéndole al usuario que juegue la canción *Beat Saber* en dificultad *Easy* y con la opción *No Fail* activada.
2. **Definir dos grupos de usuarios:** Al grupo de control se le realizará la actividad con un facilitador que no tiene acceso al protocolo, mientras que al grupo experimental se le realizará la actividad con un facilitador que sí tenga acceso al protocolo.
3. **Seleccionar a los facilitadores:**
 - Tener en consideración que es preferible que el grupo de control no tenga facilitadores familiares con el protocolo, mientras que los facilitadores del grupo experimental deben cumplir con los requisitos de Grupo Objetivo estipulados en este protocolo.
 - Facilitadores del grupo de control pueden participar en el grupo experimental siempre que cumplan con las dos consideraciones previas.
 - Es preferible que facilitadores en el mismo grupo no se repitan.
4. **Realizar la actividad para cada grupo.**
5. **Registrar resultados:** Para generar datos cuantitativos se deberá aplicar la herramienta NASA-TLX (*NASA TLX Pen and Paper Manual*, n.d.) a cada usuario que realice la actividad. Se pueden ocupar la hoja de evaluación y las 15 tarjetas provistas en el anexo.
6. **Análisis de datos:** Calcular la carga de trabajo ponderada para cada usuario de cada grupo. En este ejemplo el *workload* del grupo experimental tuvo una media de 35.58, mientras que el *workload* del grupo de control tuvo una media de 41.33.
7. **Conclusiones:** En base a los resultados obtenidos decidir si el protocolo sigue siendo efectivo. En este ejemplo la media del *workload* del grupo experimental fué menor a la del grupo de control, por lo que se considera que el protocolo es efectivo.

Como recomendación adicional se sugiere que la actividad se grabe, y que posteriormente a la actividad se realice una entrevista a los facilitadores del grupo experimental. La información recopilada puede ser sintetizada en un diagrama de afinidad para generar hallazgos que muestren posibles mejoras para el protocolo.

References

- Heaney, D. (2020, April 17). *Oculus Quest Can Now Show Camera Passthrough Instead Of A Home Environment*. UploadVR. Retrieved December 3, 2023, from <https://www.uploadvr.com/oculus-quest-passthrough-home/>
- How do I clean and sanitize my Oculus for Business devices?* (n.d.). Oculus for Business. Retrieved December 3, 2023, from <https://business.oculus.com/support/665720147270975/>
- Meta Quest 2 Safety Hub: Manual & Guides | Meta*. (n.d.). Meta Store. Retrieved December 3, 2023, from <https://www.oculus.com/safety-center/quest-2/>
- NASA TLX Pen and Paper Manual*. (n.d.). NASA Human Systems Integration. Retrieved December 3, 2023, from https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/downloads/TLX_pappen_manual.pdf
- Raja, V. (2021, October 4). *All Phasmophobia VR Controls*. Pro Game Guides. Retrieved December 3, 2023, from <https://progameguides.com/phasophobia/all-phasophobia-vr-controls/>
- What is Software Testing and How Does it Work?* (n.d.). IBM. Retrieved December 3, 2023, from <https://www.ibm.com/topics/software-testing>

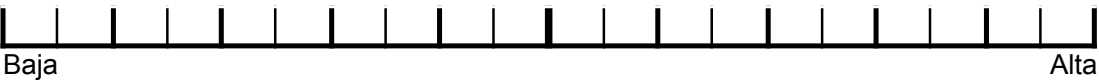
Anexos

Hoja de evaluación

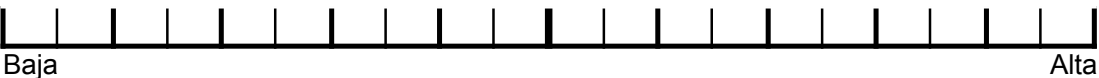
Nombre: _____

Tarea: _____

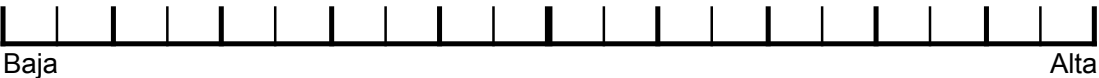
Exigencia Mental



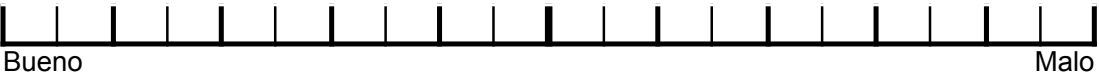
Exigencia Física



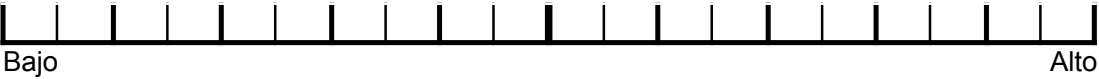
Exigencia Temporal



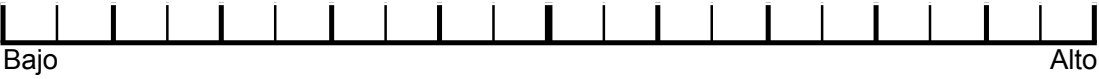
Rendimiento



Esfuerzo



Frustración



Esfuerzo o Rendimiento	Exigencia Temporal o Frustración	Exigencia Temporal o Esfuerzo
Exigencia Física o Frustración	Rendimiento o Frustración	Exigencia Física o Exigencia Temporal
Exigencia Física o Rendimiento	Exigencia Temporal o Exigencia Mental	Frustración o Esfuerzo
Rendimiento o Exigencia Mental	Rendimiento o Exigencia Temporal	Exigencia Mental o Esfuerzo
Exigencia Mental o Exigencia Física	Esfuerzo o Exigencia Física	Frustración o Exigencia Mental

3.1. Elaboración del protocolo.

Para elaborar el protocolo, se utilizó la información provista por el manual de seguridad del dispositivo VR [Meta,] para identificar la manera correcta de utilizar el visor, y la guía definida por [Sánchez Ancha *et al.*, 2011] como esqueleto para organizar la información. Originalmente diseñado para la elaboración de protocolos en el ámbito de la medicina y trabajo clínico, esta guía fue seleccionada y adaptada un contexto de experiencia de usuario debido a su enfoque tanto en el paciente como en el procedimiento en sí mismo. Siendo el ámbito de la Realidad Virtual un espacio en donde el desempeño y bienestar físico del usuario es tan importante como el desempeño de la aplicación en sí misma, hacer uso de esta guía garantiza no perder el enfoque centrado en el usuario que el laboratorio prioriza. Esta guía consta de distintas secciones que dan contexto a la actividad, separando el proceso principal en los siguientes pasos.

3.1.1. Actividades de valoración.

Son aquellas medidas a observar, previas a la ejecución de la actividad, y que son necesarias para garantizar la identificación y estado general del usuario y en definitiva el cumplimiento de los objetivos. Para definir los criterios que debe cumplir el usuario, se siguieron las indicaciones especificadas por el manual de seguridad del dispositivo de Realidad Virtual Meta Quest 2 [Meta,].

3.1.2. Preparación del material.

La sección responsable de indicar en qué estado deben estar los materiales antes de comenzar la actividad. En el protocolo se especifica como se debía preparar la sala haciendo uso de la figura 12, Encender y verificar la batería del visor, configurar el sistema guardián del dispositivo, y preparar la aplicación para que esté lista para usar cuando el usuario entre al LabUX.

3.1.3. Preparación del usuario.

En esta sección se indicó como colocar y calibrar el visor para el usuario, la información que se le debe entregar, y explicaciones para que se familiarize con el dispositivo. También se siguieron las indicaciones especificadas por el manual de seguridad del dispositivo de Realidad Virtual Meta Quest 2 [Meta,].

3.1.4. Ejecución.

Se describieron secuencialmente, siguiendo una lógica temporal, las distintas actividades a realizar para el desarrollo del proceso técnico del protocolo, indicando de forma explícita y clara qué persona llevará a cabo cada acción. En esta sección se especifica el orden y la manera en que se colocan los controles, el visor, como se acomoda el visor, y cuando retirarse de la cercanía del usuario para evitar accidentes. Estas instrucciones se encuentran en la sección de **ejecución** y no en la de **preparación del usuario** debido a que esta es la instancia en donde el visor debe quedar bien acomodado para comenzar la actividad, en contraste con la sección anterior en donde simplemente se está calibrando el visor para el determinado usuario y no se le han dado todas las instrucciones necesarias.

3.1.5. Término de la actividad

Como en este caso la Ejecución abarca todo lo que involucre al facilitador interactuando con el usuario, pero el usuario debe realizar la actividad por sí solo, entonces se agregó esta sección para especificar los pasos a seguir después de que la actividad termine. Esta sección abarca como acercarse al usuario, como retirarle el visor, como removerle los controles, y como cuidar el visor luego de retirarlo.

3.1.6. Precauciones

Dirigido a los facilitadores. Se incluye cualquier aspecto relacionado con la aplicación del protocolo que deba ser tenido especialmente en cuenta y que sirva para evitar la aparición de complicaciones o bien permitan detectarlas de manera precoz. Esta sección se centró en informar que cuidados se debe tener con el visor, medidas de precaución para evitar accidentes con el usuario, e instrucciones para situaciones difíciles (El usuario sufre de náuseas por el VR).

3.2. Diseño de la actividad

Para poder crear un protocolo que se adecúe a las necesidades del laboratorio, fue necesario comprender bien el contexto en el cual este se utilizó, lo cual significó definir el espacio en donde se utilizó, el tipo de actividades para el que se utilizó, y los materiales necesarios para su uso. Por último también fue necesario definir el método de posterior evaluación, por el cual se obtuvo la información que corroboró si el protocolo cumplió los objetivos para los que fue creado.

3.2.1. Definir el espacio

El espacio actual que el laboratorio dispone para las actividades de VR es limitado por su "Sala de *testing*" (FIGURA 11), en donde se encuentran la mayoría de los implementos que les permiten observar, y grabar audio-visualmente las actividades que se realicen en este. Existen otros espacios con una mayor área disponible para el desarrollo de la actividad, pero como el principal objetivo del laboratorio es el estudio de la experiencia del usuario, se privilegió el uso de sus espacios que cuentan con la mayor parte de la tecnología dispuesta para ese fin.

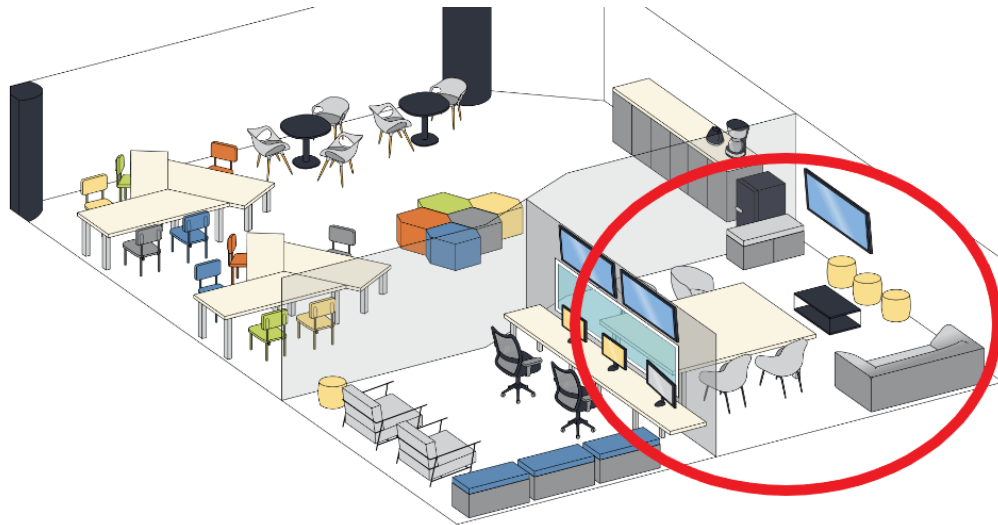


Figura 11: Diagrama del laboratorio con la Sala de *testing* encerrada en un círculo.

Fuente: LabUX USM.

Para maximizar el espacio de la sala se reorganizaron los muebles que se encuentran dentro de esta, con tal de generar un espacio abierto lo suficientemente amplio para que el usuario pudiera moverse con libertad, y sin poner en peligro el equipamiento o a sí mismo (FIGURA 12). Se retiraron las sillas de la sala para generar más espacio, y se movió la mesa central a una esquina de la sala, terminando con un espacio de alrededor de $5,3m^2$, cumpliendo con el área mínima recomendada por Meta [Meta, 2023].

3.2.2. Definir la actividad.

Es importante definir una actividad que sea apropiada para el contexto dentro del laboratorio y apropiada para el espacio disponible. Debido al suficiente pero limitado espacio, ciertas aplicaciones de VR serían no recomendables de probar, pero también es necesario que la aplicación requiera un cierto nivel de movimiento por parte del usuario, o no se hubiera

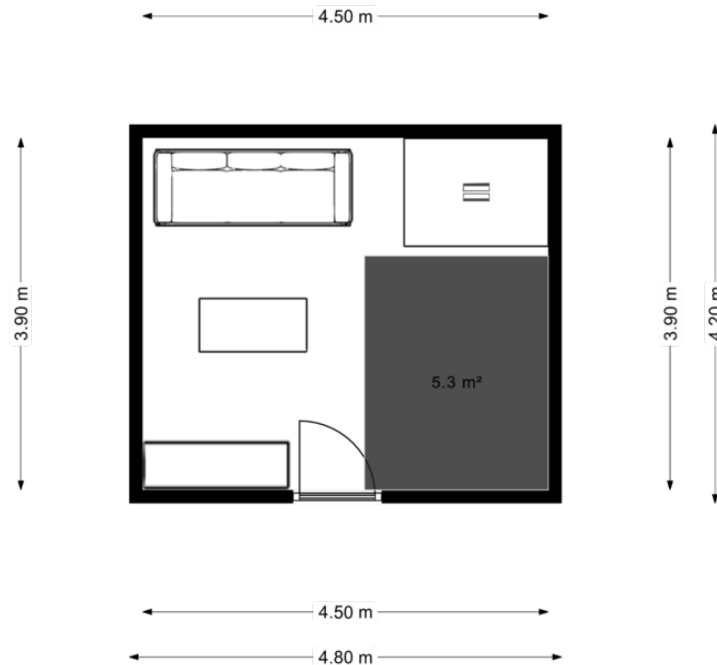


Figura 12: Diagrama del espacio definido.

Fuente: Elaboración propia.

podido confirmar si el protocolo generaba medidas de seguridad suficientes para evitar accidentes por parte del usuario.

Considerando todas estas restricciones, se decidió que la aplicación a utilizar en la actividad será "Beat Saber": Un juego de ritmo desarrollado por Beat Games en donde el usuario debe cortar cubos al ritmo de la música utilizando los controles del visor. La principal característica que lo hace deseable para esta instancia es que la aplicación no requiere que el usuario se mueva lejos de su posición inicial, pero aún así lo provoca moverse en el lugar, agitando las manos y moviendo la cabeza y la cintura.

La actividad consistió en que el usuario debiera jugar la canción "Beat Saber", **primero en dificultad fácil y luego en dificultad difícil**, con tal de contrastar el desempeño del usuario y su experiencia al aumentar la dificultad.

3.2.3. Definir método de evaluación.

Para poder conseguir los datos pertinentes al desempeño del protocolo, se tuvieron que definir métodos que permitan obtener distintos tipos de datos para su posterior análisis. El laboratorio cuenta con equipamiento dedicado para grabar cualquier tipo de actividad

que suceda dentro de la Sala de *testing*, por lo que un análisis posterior de la grabación fue suficiente para la obtención de datos cualitativos. Para poder evaluar objetivamente la experiencia del usuario durante la actividad se hizo uso de la herramienta TLX, la cual permitió analizar la experiencia del usuario en seis dimensiones distintas para luego obtener un puntaje ponderado propio del usuario que representa la carga de la tarea. Ya que TLX toma en cuenta el esfuerzo físico a diferencia de otras metodologías, resultó idóneo para el tipo de actividad que se realizó.

3.2.4. Definir los materiales.

Para poder realizar la actividad y la evaluación posterior se necesitan los siguientes materiales:

- Micrófono de solapa: Esencial para que se pueda escuchar los comentarios del usuario en la grabación para su observación posterior. El laboratorio viene equipado con uno.
- Cámaras: Necesarias para poder grabar la experiencia del usuario para su observación posterior. El laboratorio cuenta con cámaras instaladas en la sala de *testing*.
- Dispositivo de realidad virtual Meta Quest 2: Esencial para poder realizar la actividad, ya que la aplicación requiere de un dispositivo de realidad virtual para funcionar y el objetivo del protocolo es ayudar a mejorar la experiencia del usuario al utilizar un visor. El laboratorio cuenta con el dispositivo especificado.
- Tarjetas y hoja de evaluación: La herramienta TLX requiere que el usuario complete una hoja de evaluación posteriormente a la actividad, además de marcar unas tarjetas diseñadas para generar los pesos que ponderarán el puntaje final. Están disponibles públicamente para su descarga y el protocolo las incluye en sus anexos.

3.3. Prueba piloto.

La prueba piloto se realizó en dos instancias idénticas pero con usuarios diferentes en cada instancia, siendo el principal objetivo identificar si la actividad resultaba en información útil para poder evaluar el protocolo y no necesariamente para evaluar el protocolo en sí. La prueba piloto consistió en el siguiente proceso:

1. Se preparó el dispositivo para la actividad.
2. Se hizo pasar al usuario.
3. Se le explicó al usuario la naturaleza de la actividad y la aplicación.

4. Se le explicó al usuario la naturaleza de la herramienta TLX haciendo uso de las instrucciones en el anexo 5.3.
5. Se le colocó al usuario el visor, los controles, y el micrófono para que pudiera comenzar la actividad.
6. El usuario completó la canción en dificultad fácil.
7. El usuario completó la hoja de evaluación según su experiencia con la dificultad fácil.
8. El usuario completó la canción en dificultad difícil.
9. El usuario completó la hoja de evaluación según su experiencia con la dificultad difícil.
10. Se le indicó al usuario como realizar la evaluación de las fuentes de carga de trabajo, haciendo uso de las instrucciones en el anexo 5.3.
11. Se agradeció al usuario por su tiempo y se terminó la actividad.

Posteriormente a la realización de los test piloto se hizo un análisis de las instancias grabadas y se recopilaron las siguientes observaciones:

	NG	I	ERR	APP
Test piloto 1	14	3	2	4
Test piloto 2	5	0	0	0

Tabla 1: Observaciones Test piloto

Fuente: Elaboración propia.

En donde NG son notas generales, I son ideas para mejorar la actividad, ERR son errores cometidos por el facilitador encargado, y APP son observaciones que son particulares de la aplicación en cuestión.

Los test piloto fueron realizados el mismo día y de forma consecutiva, con el objetivo de identificar los puntos débiles de el protocolo y la actividad. Con tal de tener un conjunto de observaciones conciso, se decidió solo registrar observaciones si estas aportaban algo nuevo al registro, por lo que la manera de interpretar esta tabla es que en el Test piloto 2 se registraron 5 notas generales que no se habían observado en el Test piloto 1.

Estas etiquetas permitieron categorizar las observaciones con tal de categorizar las distintas ocurrencias en el test piloto, de esta manera se podía identificar inmediatamente si la mejora debía hacerse en el protocolo, la actividad, o era de poca prioridad. **Notas generales** consistieron en observaciones que tenían directa relación con actividades VR en general y representaban una mejora si fueran implementadas, con uno de estos casos siendo la idea de hacer un acercamiento a los controles del visor previamente a la actividad, Por otro lado, en el test piloto 2, se reconoció que en vez de preguntar si el usuario tenía una "sugerencia

para futuros usos” era mejor preguntar por una “sugerencia sobre la experiencia de realidad virtual” para obtener información más relevante.

Errores consistieron en ocasiones donde el facilitador encargado cometió un error pero no tenía que ver con el diseño de la actividad, como fue en el caso donde al facilitador se le olvidó quitar la opción “no fail” cuando se subió la dificultad, y el otro error siendo que se dejó el sonido de la aplicación encendido mientras sucedían las preguntas posteriores a la actividad, haciendo difícil escuchar las respuestas del usuario en la grabación.

Ideas fueron posibles mejoras en las cuales no existía seguridad si de verdad resultarían en una mejor actividad si fueran implementadas, un caso fue la idea de utilizar los micrófonos de techo en adición a el micrófono de solapa, sin embargo esto resultó en una peor calidad de sonido en este caso por lo que no fue implementado.

Por último las **observaciones particulares** fueron observaciones que solo se podían aplicar a el juego en específico y no podían ser aplicadas en un contexto general, como fue en el caso de tener que indicar específicamente cual botón apretar en la pantalla para poder comenzar el juego, lo cual fue fácil de implementar en la actividad pero no servía en el contexto del protocolo. Otra observación importante fue que no se identificó diferencia alguna entre las dos dificultades en cuanto al usuario, por lo que se decidió mantener solamente la dificultad fácil en la actividad.

3.4. Prueba del protocolo.

Gracias a la retroalimentación de la prueba piloto se hicieron algunas modificaciones a la actividad. Se cambió el número de canciones a jugar de 2 a 1 por jugador, ya que no se apreció información útil en las pruebas piloto cuando la dificultad aumentó. También se incorporó una entrevista posterior a los facilitadores que realizaron la actividad utilizando el protocolo, de tal manera de que se pudieran obtener datos cualitativos directamente del público objetivo.

La entrevista consistió en las siguientes preguntas:

- ¿Habías utilizado tecnologías de realidad virtual antes de esta actividad?
- Cuéntame de un momento significativo que haya pasado durante la actividad
- Háblame de un momento en la actividad en donde encuentre alguna dificultad.
- ¿Cómo influyó el protocolo a la hora de realizar la actividad?
- ¿Hubo algún punto del protocolo que te generó confusión?
- ¿Hay alguna parte del protocolo que encuentres redundante?

- ¿Hay alguna parte del protocolo que encuentres incorrecta?
- ¿El protocolo te fue de ayuda? ¿De qué forma?
- ¿Tienes alguna sugerencia para futuras iteraciones de esta actividad?

Esta entrevista buscó principalmente encontrar puntos del protocolo que le hayan servido al facilitador, puntos que se haya pasado por alto, y contextualizar la opinión del facilitador con su experiencia en el campo de realidad virtual.

La primera pregunta buscó relajar al facilitador con una pregunta fácil de responder, que también sirvió como contexto para el análisis posterior ya que la experiencia previa con el visor puede estar relacionada con el desempeño del facilitador en la actividad. Las preguntas 2-4 fueron preguntas abiertas que buscan escuchar momentos significativos que hayan sucedido durante la actividad. Estos momentos son los que usualmente dan más información, y la naturaleza abierta de la pregunta permite que el usuario se exprese y no se guarde información importante.

Las preguntas 5-8 fueron más cerradas y buscaron delimitar exactamente cuales son las fortalezas y debilidades del protocolo durante la actividad, preguntando explícitamente por las fallas de este para luego preguntar más abiertamente cual fue la utilidad del protocolo según el facilitador. La última pregunta fue simplemente una pregunta común de cierre que buscó rescatar cualquier información que el facilitador por alguna razón se hubiera guardado.

CAPÍTULO 4

VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En total se realizaron 7 tests con una duración de aproximadamente 20 minutos: 5 tests con uso de protocolo y 2 tests sin uso de este. Originalmente en los test piloto, el creador del protocolo actuó como facilitador, pero para poder evaluar que tan útil es el protocolo para los ayudantes del laboratorio, se decidió que los tests consistirían en un usuario externo al laboratorio, un facilitador perteneciente a este, y el uso de la herramienta TLX fue responsabilidad del autor. El número de tests se vio limitado debido a que para los facilitadores se requerían ayudantes que hubieran tenido experiencia realizando actividades con usuarios en la Sala de *testing*. Además de que se trató de evitar repetir facilitadores para poder evaluar el desempeño del protocolo cuando se utiliza por primera vez.

La prueba del protocolo consistió en el siguiente proceso:

En el caso de los facilitadores con protocolo:

1. Se le entrega el protocolo y las instrucciones de la actividad al facilitador para que se prepare.
2. El autor explica al usuario la naturaleza de la herramienta TLX haciendo uso de las instrucciones en el anexo 5.3.
3. Se hace pasar al usuario a la Sala de *testing*.
4. El usuario comienza la actividad con ayuda del facilitador designado.
5. El usuario completa la canción en dificultad fácil.
6. El usuario es llevado fuera de la Sala de *testing* por el facilitador.
7. El usuario completa la hoja de evaluación según su experiencia con la actividad.
8. Se le indica al usuario como realizar la evaluación de las fuentes de carga de trabajo, haciendo uso de las instrucciones en el anexo 5.3.
9. Se agradece al usuario por su tiempo y el usuario se retira del LabUX.
10. Se le hace la entrevista al facilitador encargado de esta prueba. (Ver en sección 3.4)
11. Se agradece al facilitador por su tiempo y se termina la actividad.

En el caso de los facilitadores sin protocolo el proceso es muy similar, en el paso 1 solo se le entregaron las instrucciones de la actividad, y el paso 10 omitieron las entrevistas a esos

facilitadores, ya que serían entrevistados en pruebas posteriores donde utilizarían el protocolo.

Posteriormente a la realización de las pruebas se hizo un análisis de los 7 tests de usuario realizados junto con sus instancias grabadas y las entrevistas, recopilando las siguientes observaciones:

	Protocolo?	EX	SUG	MEJ	OBS	ERR	Total
Test-1	SI	10	1	3	2	0	16
Test-2	SI	5	5	5	7	0	22
Test-3	SI	9	2	1	3	0	15
Test-4	SI	11	5	5	4	0	25
Test-5	SI	0	2	2	7	0	11
Test-6	NO	0	0	0	0	5	5
Test-7	NO	0	0	0	1	9	10
Total		35	15	16	24	14	104

Tabla 2: Observaciones Prueba del protocolo
Fuente: Elaboración propia¹.

Cada una de estas observaciones fue identificada con el test al que corresponde e identificada con su categoría correspondiente (FIGURA 13). Los **Éxitos** sirvieron como fuente útil para confirmar la utilidad del protocolo y es evidente que no se encuentran en tests realizados por un facilitador con protocolo. **Sugerencias** corresponden a ideas que los facilitadores propusieron por motivación propia y que indican de qué manera el protocolo puede mejorar en el futuro. **Mejoras** son puntos del protocolo que generaron conflicto en los facilitadores y que indican las secciones más débiles del mismo. Las observaciones que pertenecen a estas tres categorías iniciales fueron recopiladas a través de la entrevista a los facilitadores, por lo que evidentemente no se encuentran presentes en los tests sin protocolo.



Figura 13: Colores a los que corresponde cada categoría.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se hizo un análisis de las grabaciones resultantes de cada test, con el objetivo de encontrar datos que los facilitadores hayan pasado por alto, o reforzar algo que ya

¹EX: Éxitos. SUG: Sugerencias, MEJ: Mejoras. OBS: Observaciones de la grabación, ERR: Errores y fallos

se hubiera comunicado, resultando en dos categorías más. **Observaciones de la grabación** corresponden a observaciones propias realizadas sin juicio de valor y citas directas de los usuarios, para diferenciarlas de las observaciones obtenidas a través de los facilitadores. Por último, los **errores y fallos** representan casos en donde la falta de protocolo resultó en un procedimiento erróneo y terminó afectando negativamente la actividad, así se pudo comparar directamente que tan importante es la falta del protocolo.

4.1. Análisis de resultados de TLX

Producto de realizar el proceso de evaluación a cada usuario participante en los tests, se lograron obtener 7 puntajes ponderados que reflejan la carga de trabajo percibida por cada usuario durante la actividad. Para facilitar la comprensión del lector, mientras mayor sea el puntaje entonces mayor se considera la carga de la tarea según el usuario.

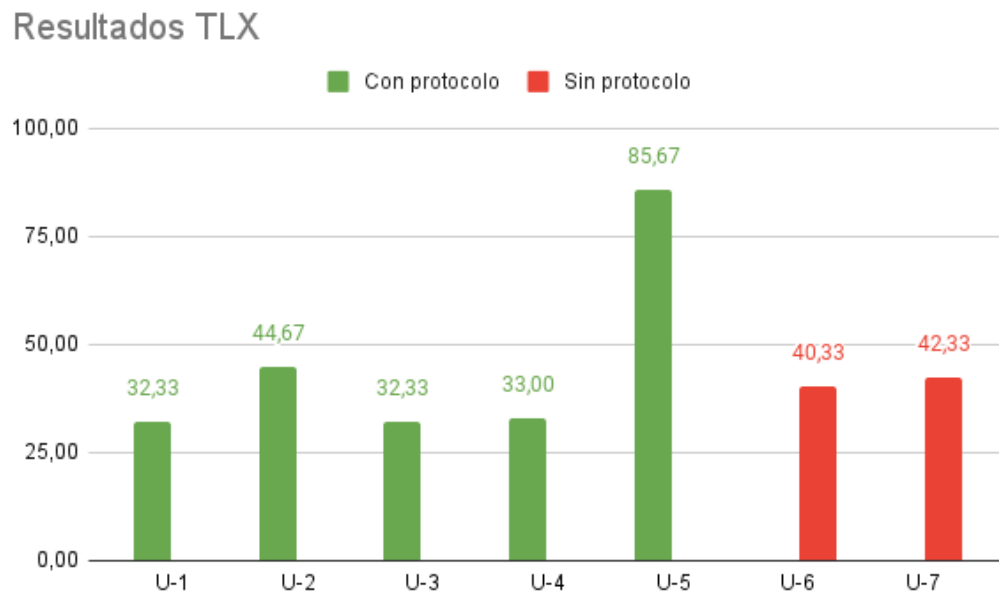


Figura 14: Puntajes ponderados otorgados a la tarea por cada usuario.

Fuente: Elaboración propia.

De inmediato se pueden apreciar dos instancias que resaltan en su grupo. (U-5) calificó la tarea con un puntaje de 85.67 en cuanto a la carga de la tarea, superando con creces los puntajes otorgados por otros usuarios que participaron en tests con protocolo e incluso los puntajes de usuarios que participaron en tests sin protocolo. Un análisis más detallado de esta instancia se puede encontrar en [C-11] de la sección 4.2, en donde se analiza el caso de un facilitador que no tuvo tiempo para familiarizarse con la actividad y por eso el usuario tuvo una experiencia estresante.

Considerando que la situación de (U-5) resulta ser un caso particular que es analizado más adelante, este trabajo propone un análisis alternativo a la hora de sintetizar los datos obtenidos por la herramienta TLX, dejando de lado la evaluación de (U-5) sólo en este ámbito para observar mejor la tendencia de los datos.

	Considerando a (U-5)	Sin considerar a (U-5)
Con protocolo	$\mu = 45.60, \sigma = 20.58$	$\mu = 35.58, \sigma = 5.25$
Sin protocolo	$\mu = 41.33, \sigma = 1.00$	$\mu = 41.33, \sigma = 1.00$

Tabla 3: Análisis de puntaje TLX donde μ es la media y σ es la desviación estándar.
Fuente: Elaboración Propia.

Al excluir el caso particular de (U-5) podemos apreciar que en general la carga de trabajo es menor en los casos en donde el facilitador tenía acceso al protocolo, por lo tanto se puede apreciar que la posesión del protocolo en las manos del facilitador tiene un efecto positivo en la comodidad y experiencia del usuario.

4.2. Análisis de resultados de los tests realizados.

Con la información recopilada de: entrevistas a facilitadores, entrevistas a usuarios, y observaciones de las grabaciones, se procede a realizar un análisis con tal de obtener hallazgos significativos con respecto al protocolo y la experiencia de los usuarios y facilitadores. Para ello se realizó un **diagrama de afinidad** (FIGURA 15) en donde se lograron reconocer **11 clústeres**.

Para facilitar la comprensión de este análisis, se utilizó la siguiente simbología para referirse a las instancias y actores involucrados en el proceso de validación. Cuando se hable de (F-N) se está hablando del facilitador responsable del test nº N. De la misma manera, (U-N) se refiere al usuario involucrado en el test nº N. [C-X] simplemente será la denominación utilizada para referirse al clúster de información X definido en la sección 4.2.

Estos 11 clústeres se pueden dividir en los siguientes dos grupos:

Comentarios sobre la facilidad de uso y comprensión del protocolo por parte de los facilitadores:

El protocolo es considerado favorablemente por los facilitadores: [C-2]

Luego de realizar la actividad, los facilitadores encuentran el protocolo simple de utilizar, y destacan diferentes cualidades de este.



Figura 15: Vista general del diagrama de afinidad resultante.

Fuente: Elaboración propia.

En el total de facilitadores que utilizaron el protocolo (F-1), (F-2), (F-3), y (F-4) recalcan que no existen secciones redundantes en el protocolo. (F-4) en especial recalca que aprecia la minuciosidad de ciertas secciones del protocolo, destacando que: *"Creo que [el protocolo] está preciso con los detalles y a veces es mejor explayarse un poco más para que quede bien claro que 'Esto es así porque siempre pueden surgir casos borde que pueden generar dudas'"*

(F-1) considera el protocolo intuitivo, mientras que (F-2) destaca que este es breve y no genera confusión a la hora de usarlo. (F-2), uno de los facilitadores con más experiencia con el visor, comenta que información similar ya existe en el espacio web Notion mantenido por los miembros del laboratorio, pero estos datos no están completos ni se encuentran organizados de manera que sean simples de leer durante la actividad.

(F-3) también recalca que no hubo confusión a la hora de utilizar el protocolo, sin embargo (F-4) sugiere que sería conveniente cambiar el título de ciertas secciones, ya que en su primera lectura del protocolo confundió "Preparación de material" con "Preparación de usuario" por un momento, pensando que se estaba repitiendo una sección.

Por último (F-1), (F-4) y (F-3) no encontraron ninguna sección que diera instrucciones erróneas o que perjudicaran la experiencia del usuario.

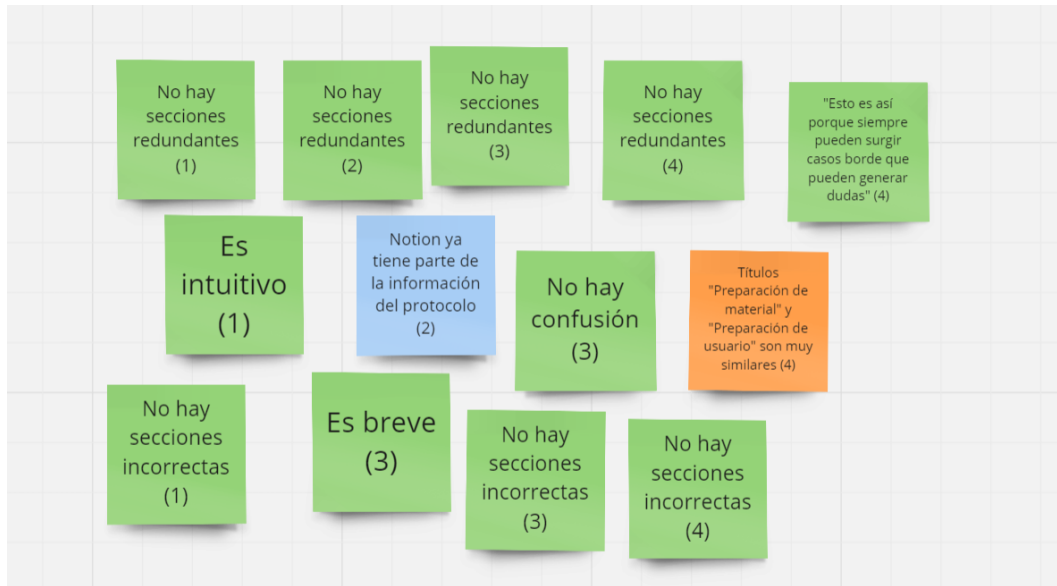


Figura 16: Clúster 2.
Fuente: Elaboración propia.

El protocolo le entrega las herramientas al facilitador para saber utilizar el visor:[C-5]

En la entrevista (F-2), (F-4), y (F-1) indicaron que el protocolo les entregó las indicaciones necesarias para manejar el visor con seguridad y confianza. (F-4), siendo la primera vez que utilizaba el visor en una actividad con un usuario, hizo distinción entre las indicaciones de como tratar el visor para que no sufra daños, y las indicaciones para que el usuario tenga el visor bien ajustado y no sufra malestares durante la actividad. Siendo (F-1) y (F-4) personas que carecían de experiencia con el visor, esto demuestra la capacidad del protocolo para entregar recursos a los facilitadores y darles la capacidad de dirigir actividades que involucren VR.

(F-4) también sugiere agregar imágenes del visor al protocolo como apoyo visual para poder reconocer sus partes más fácilmente: *"Una cosa que me generó duda era como dejar el lente en reposo, [...] no sabía como dejarlo. [(F-4) trata de buscar una foto del visor en el protocolo para indicar como lo dejó y no la encuentra.] eso sería una sugerencia, debiera haber un diagrama del lente aquí. No sabía si ponerlo boca arriba o boca abajo."*

El protocolo cumple su función de proveer al facilitador de las indicaciones necesarias para realizar la actividad:[C-8]

Los facilitadores también describen como la información del protocolo les ayuda durante la actividad. (F-1) indica que el protocolo le aclara dudas y que le sirve como una guía. Para (F-4) el protocolo le ayuda a realizar la actividad correctamente ya que le indica precauciones

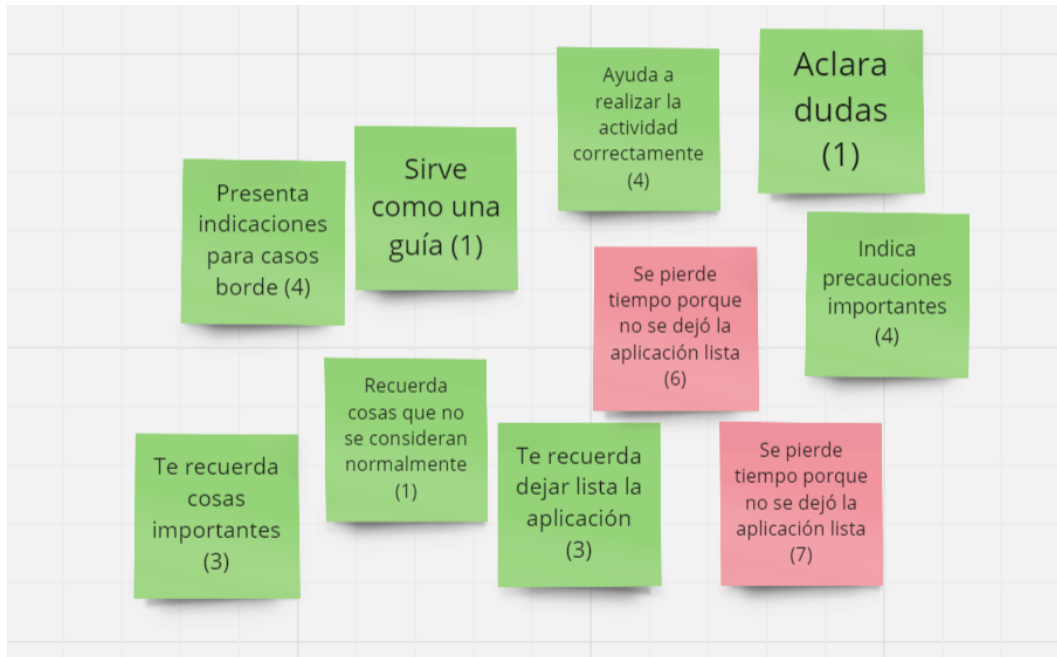


Figura 17: Clúster 8.
Fuente: Elaboración propia.

importantes a tomar, e indicaciones para casos imprevistos.

(F-1) y (F-3) también informan como el protocolo les sirvió como ayuda para recordar cosas importantes durante y previamente a la actividad, (F-3) especificando que el protocolo le recordó que debía tener la aplicación lista para la actividad antes de dejar entrar al usuario. Para contrastar, (F-6) y (F-7) no tuvieron acceso al protocolo, lo que causó que la aplicación no estuviera lista para el usuario cuando se le entregó el visor, causando una pérdida del tiempo de (U-6) y (U-7).

El facilitador requiere de un periodo de tiempo previo a la actividad para familiarizarse con esta:[C-11]

Gracias los tests realizados se pudo reconocer requerimientos importantes para que la actividad pueda ser realizada correctamente, uno de estos es la importancia de que el facilitador tenga tiempo previo a la actividad para familiarizarse con esta.

Esto es especialmente reconocible en el caso de (F-5), donde este recibió los detalles de la actividad 5 minutos antes de realizarla debido a que no se había considerado como factor si el facilitador requería de estas con antelación, causando estrés innecesario en el facilitador y que (F-5) no lograra configurar correctamente la aplicación. A pesar de contar con la ayuda del protocolo, este test destaca especialmente por el gran aumento en la carga de trabajo para (U-5), marcando 85,67 puntos en la escala de TLX y superando incluso los puntajes de los

tests en donde los facilitadores no contaban con un protocolo. (F-5) en la entrevista posterior sugiere que es importante estar familiarizado con la actividad.

Una sugerencia interesante que surgió es que (F-2) plantea que sería recomendable que el facilitador debería tener experiencia previa con el visor antes de utilizarlo, (F-2) es el facilitador con más experiencia de todos los observados, mientras que los demás facilitadores no levantaron esa sugerencia pese a que varios tenían poca experiencia con el visor, pero como no existía un facilitador que nunca hubiera visto el visor no se puede descartar la posibilidad de que una mínima experiencia previa es requerida.

También se rescató información valiosa de tests en donde no se utilizó el protocolo. (F-6) dio instrucciones erróneas a (U-6), lo que causó que intentara manejar el menú de la aplicación con el botón equivocado. (F-7) no pudo configurar correctamente la aplicación a pesar de que la configuración correcta estaba en las instrucciones de la actividad, causando que (U-7) fallara la actividad. Un error similar sucedió con (F-5) debido a su poco tiempo de familiarización con la actividad, causando que (U-5) también fallara.

Comentarios sobre la experiencia del usuario y aspectos que afectan la interacción durante la actividad:

El protocolo realza la importancia de la separación de los lentes del visor:[C-1]

Del grupo de facilitadores con el protocolo solo (F-5) no ajustó la separación de los lentes del visor, mientras que el grupo sin protocolo no se preocupó de ello, demostrando la importancia del protocolo para informar al facilitador de este rasgo del visor. (F-3) incluso mencionándolo en la entrevista como algo que el protocolo le recordó calibrarlo.

Un detalle importante es que (F-1) y (F-4) tuvieron la misma confusión a la hora de calibrar la separación de los lentes, ya que no entendieron que para hacerlo debían mover los lentes dentro del visor directamente con las manos y no utilizando un botón o una perilla, algo contraintuitivo cuando se considera que el visor requiere minimizar lo más posible el contacto directo con los lentes, (F-1) menciona que: *"Me parecía súper ilógico que se deban mover a mano, yo vi la foto con el indicador y asumí que tenía que ser como un binocular (debe tener una ruedita), pero en verdad no había."* Esto es una peculiaridad del modelo del visor utilizado, por lo que sería útil mencionar esta contradicción directamente en la sección del protocolo que indica como calibrar la separación de lentes.

Por último (F-2) plantea que el protocolo no especifica la prioridad entre ajustar el visor y la separación de ojos cuando el usuario ve borroso, sugiriendo que primero se ajuste la posición del visor y luego la separación de los lentes.

El protocolo define correctamente el espacio para realizar la actividad:[C-3]

El protocolo ayudó exitosamente a los facilitadores para preparar el espacio necesario para la actividad, junto con las medidas de seguridad mínimas que protejan el espacio y al usuario. (F-1) y (F-2) aprecian las instrucciones para configurar el sistema guardián, dándole al usuario una guía visual del espacio real en el que se encuentra mientras no puede ver la sala debido al visor, (F-1) en específico menciona: *"Son cosas que siempre me había preguntado como se hacían pero que ahora pude aprender gracias al protocolo."* (U-2) y (U-3) se sorprendieron la primera vez que se encontraron con el sistema guardián, por lo que es recomendable que también sea explicado al usuario.

El diagrama provisto por el protocolo que indica como ordenar la sala para conseguir el máximo espacio posible para el usuario fue útil para (F-2) y (F-3) y mencionado por ellos en la entrevista. En el caso de (F-7), por no tener acceso al protocolo, se terminó dejando una silla dentro del espacio que el usuario estaba ocupando, generando un riesgo innecesario debido a la incapacidad de (U-7) de percibir la silla mientras ocupa el visor.

Como sugerencia extra (F-1) plantea que el área definida es muy pequeña, lo que puede generar accidentes, pero esto está limitado por el tamaño físico de la sala de *testing*, por lo que será algo fuera del alcance de este trabajo.

El usuario presenta problemas para familiarizarse con los controles:[C-4]

Durante la actividad el protocolo sirvió para que el facilitador pudiera colocar los controles correctamente en el usuario. (F-4) mencionó que el protocolo le indicó cual control iba en cada mano, ya que los controles están diseñados para ir en una mano en específico.

Hubo un caso interesante en los tests de (F-5), (F-3), y (F-7) en donde el facilitador le explicaba los controles al usuario mientras este tenía el visor puesto, haciendo difícil que el usuario reconociera los botones a los que el facilitador se refería ya que el visor no le permitía ver sus manos. Esto no afectó el desempeño del usuario, pero generó una demora en la actividad por lo que **sería recomendable especificar que la explicación debe hacerse sin el visor puesto.**

En cuanto a los controles en sí (F-2) menciona que el "botón de agarre", nombre que este botón tiene en el protocolo y oficialmente por el fabricante, no es intuitivo para usuarios primerizos, ya que antes de utilizar el visor no hay nada que indique que este botón es usualmente utilizado para agarrar cosas. Sugiere crear otro nombre más reconocible para el usuario. También plantea que la experiencia del usuario con mandos similares (ya sea de VR, videojuegos, o control remoto) puede ser un factor importante para la comprensión de los controles por parte del usuario. (U-2) era un usuario ya familiarizado con controles similares por lo que esta recomendación requiere de mayor evidencia.

Se encuentran oportunidades para documentar dos casos extraordinarios: Controles se quedan sin batería, y la pantalla del visor se vuelve negra:[C-6]

La situación de la falta de batería se dio en el test de (F-2), en donde la actividad no podía comenzar debido a que los controles dejaron de funcionar. Para evitar estos casos en el futuro se deberá agregar una recomendación en la sección de "Preparación del material" en donde se requiera revisar en nivel de batería de los controles además de la batería del visor.

La situación de la pantalla negra surgió cuando en los tests de (F-2) y (F-3) la pantalla del visor se volvió negra de imprevisto, causando confusión para el facilitador y el usuario en los dos casos. Esto se debe a el sensor infrarrojo ubicado dentro del visor que le permite saber si alguien está utilizándolo, si no se encuentra en uso entonces la pantalla se vuelve negra para ahorrar recursos. Este sensor falla ocasionalmente por diversos factores, y los facilitadores lograron resolver la situación simplemente retirando y volviendo a colocar el visor, no obstante es importante documentar esta posibilidad en el protocolo y las formas de solucionarlo, para que el facilitador se encuentre preparado en caso de que suceda.

Facilitadores recomiendan tener una pantalla que proyecte la visión del usuario en la sala de testing:[C-7]

Si bien el protocolo permite que el facilitador le coloque el visor al usuario y este se encuentre preparado para comenzar la actividad, es difícil para el facilitador dar instrucciones al usuario durante la actividad si no se tiene una referencia de lo que está viendo el usuario. (F-2) y (F-3) recomiendan hacer uso de la función de transmitir pantalla que posee el visor para proyectar la visión del usuario en una de las pantallas de la sala de *testing*, por lo que agregar esto como requerimiento e instrucciones para transmitir la pantalla sería beneficioso para futuras actividades.

La falta de visión causó que (F-2), (F-6), y (F-7) tuvieran que adivinar lo que el usuario estaba viendo en base a las descripciones que sus respectivos usuarios daban, incluso causando que (F-6) y (F-7) le retiraran el visor a sus usuarios para utilizarlos ellos mismos mismos y preparar la actividad, ya que al ser los dos casos sin protocolo no habían preparado la actividad previamente.

El usuario requiere que se le explique la actividad antes de comenzarla:[C-9]

El protocolo le permite al facilitador preparar al usuario para que este se encuentre listo para comenzar a utilizar el visor. Sin embargo, a los usuarios les genera aprensión que se les explique en que consiste la actividad y como realizarla mientras la actividad está en curso. (U-2), (U-7), y (U-5) presentaron un desempeño pobre al inicio de la actividad debido a que se les iba explicando el objetivo de la actividad en medio de esta. (U-2) recomienda que "Sería

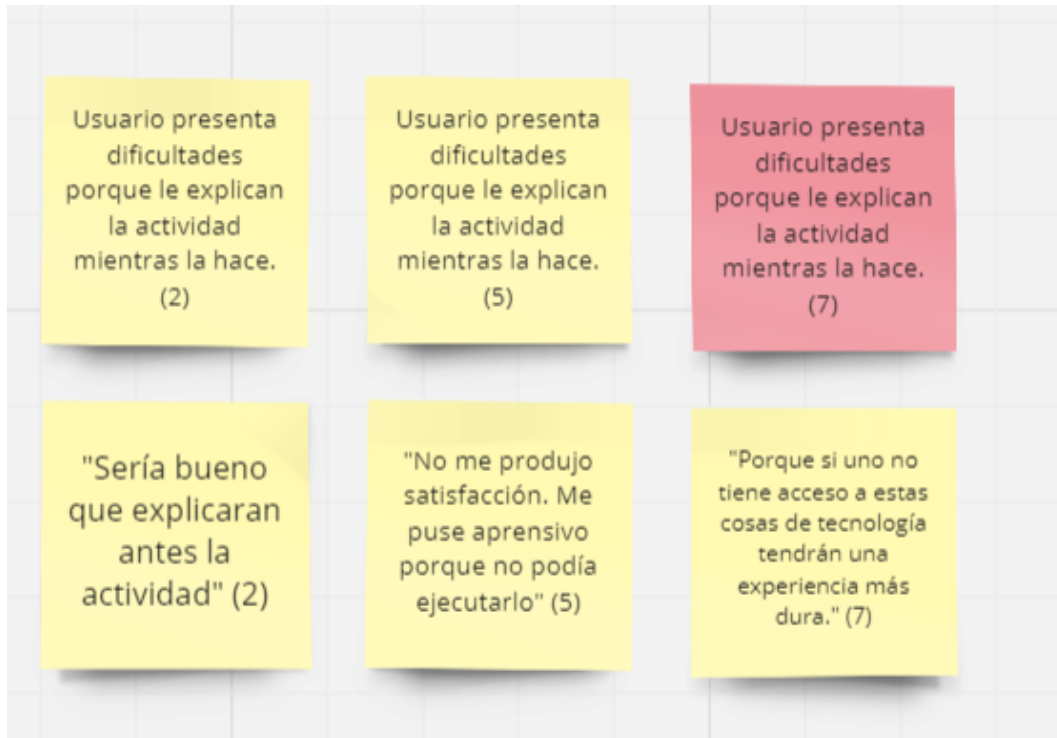


Figura 18: Clúster 9.
Fuente: Elaboración propia.

bueno que explicaran antes la actividad", y (U-5) expresó su malestar diciendo que "No me produjo satisfacción. Me puse aprensivo porque no podía ejecutarlo".

(U-7) es una persona de mayor edad y, a pesar de que no se vio afectada tanto como los otros usuarios, compartió que si bien para él no fue tan compleja la actividad esto se debía a que consideraba tener mayor experiencia con la tecnología que sus pares, recalando que *"Porque si uno no tiene acceso a estas cosas de tecnología tendrán una experiencia más dura."*

El protocolo provee al facilitador de las instrucciones para preparar al usuario, pero sería recomendable profundizar para mejorar la comodidad del usuario:[C-10]

En la sección de "Preparación del usuario" el protocolo indica como preparar al usuario de tal manera que se minimice su incomodidad al usar el visor, y de como tratar con el usuario cuando este tiene el visor puesto. (F-1), (F-3), y (F-4) mencionaron en la entrevista lo útil que resultó el protocolo en estos casos. (F-3) recalcó que *"Yo creo que eso es lo que más hace la diferencia y lo que es más probable de que se te pueda olvidar. Eso estaba en la hojita así que no se me olvidó."*

Sin embargo, aún existen detalles a mejorar para garantizar la comodidad de los usuarios. (F-4) afirma que el usuario no presentó molestia, pero al mirar la grabación del test se aprecia que (U-4) dice que no se siente perfectamente cómodo, y que quedó mal centrado. Sin embargo rápidamente cambia de opinión para no demorar la actividad. Los problemas que dejaron a (U-4) con el visor mal ajustado se deben a una situación particular. (U-4) es bastante más alto que (F-4), por lo que a la hora de colocar el visor en la cabeza de (U-4) los brazos de (F-4) tenían dificultad para ajustarlo correctamente, teniendo que agacharse para que la preparación pudiera realizarse. Posteriormente en la entrevista (F-4) sugirió que en estos casos se haga sentar al usuario para colocar el visor más cómodamente.

Aún sin problemas de estatura existen pequeños detalles que dificultan la preparación del usuario, (F-1) dice que equipar el VR es difícil y que acercarse al usuario cuando tiene el visor puesto también lo es. (U-2) tuvo que cambiar su peinado ya que lo llevaba en estilo tomate, estorbando los soportes del visor. Por último, (F-5) sugiere especificar el periodo de tiempo necesario para prepararse antes de hacer entrar al usuario a la sala, con tal de poder organizar mejor los horarios y no hacer perder el tiempo del usuario.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Este trabajo surgió con la intención de proveer al Laboratorio UX USM con las herramientas necesarias para poder utilizar dispositivos de realidad virtual. El principal obstáculo que se encontró fue la falta de conocimiento de los ayudantes a la hora de trabajar con este tipo de tecnologías y, aún más importante, el conocimiento sobre como manejar y tratar a los usuarios que terminarían utilizando estos dispositivos.

Para resolver este problema se decidió elaborar un protocolo que contenga la información necesaria para poder realizar actividades con tecnologías de realidad virtual dentro del laboratorio. Este protocolo fue diseñado con la intención de que sea utilizado por los ayudantes del laboratorio, y les sirva como una guía y herramienta para apoyar este tipo de actividades. Además, se diseñó un método de evaluación que permita a los ayudantes verificar la efectividad del protocolo en el futuro, y obtener información útil para su mejora continua.

Para elaborar el protocolo se utilizó una guía con un enfoque principalmente derivado del área medicinal en donde se pudo obtener un enfoque más centrado en el trato con el usuario y su seguridad, cualidades importantes cuando se trata de actividades físicas como la realidad virtual ya que, a diferencia de otras aplicaciones y software, el riesgo de accidentes y lesiones aumenta debido a la incapacidad del usuario de percibir su entorno mientras se realiza la actividad. Esta guía fue adaptada para adecuarse a las necesidades y contexto del laboratorio, como en el caso de reemplazar los roles de médico y paciente a los más apropiados de facilitador y usuario respectivamente.

La elaboración y posterior análisis del protocolo requirió de un proceso consistente de varias etapas. Se comenzó por diseñar una actividad que permitiera obtener la información necesaria sobre la experiencia del usuario utilizando tecnologías de realidad virtual, que requiera de la asistencia de un facilitador, que sea apropiada para el espacio disponible, y que tuviera instancias de evaluación posteriores para recoger datos y retroalimentación, terminando finalmente en el test de usabilidad de un juego de ritmo con posterior aplicación de la herramienta TLX. Luego se realizaron dos instancias de una prueba piloto para identificar la efectividad de la actividad en cuanto a recopilar datos útiles, y para obtener mejoras evidentes que se aplicaran a una versión temprana y simple del protocolo. La retroalimentación de la prueba piloto permitió elaborar el protocolo principal que sería evaluado, y modificar aspectos de la actividad para eliminar instancias redundantes (reducir el número de canciones), y agregar instancias de retroalimentación (diseñar una entrevista para los facilitadores que utilicen el protocolo).

Con el protocolo definido y la actividad revisada, se prosiguió a realizar múltiples instancias de esta para obtener datos cualitativos sobre la calidad del protocolo, provenientes de la entrevista a los facilitadores con protocolo y grabaciones de la actividad, y datos cuantitativos, provenientes de la aplicación de la herramienta TLX a los usuarios que utilizaron el visor. Se

realizaron 5 instancias con facilitadores que tuvieron acceso al protocolo y 2 instancias con facilitadores sin acceso al protocolo. Esto resultó en 7 grabaciones de actividades, 5 entrevistas a los facilitadores, 7 aplicaciones de la herramienta TLX, y 7 entrevistas a usuarios durante del test de usabilidad.

Finalmente, se realizó un análisis posterior a los datos recopilados en estas 7 instancias. Para los datos cuantitativos se realizó la ponderación de los puntajes determinados por los usuarios, obteniendo así un número singular que simboliza la carga de la tarea para ese usuario en específico. Tener un puntaje por usuario permitió poder comprobar empíricamente las instancias en donde el usuario encontró más problemas y así poder realizar un análisis más profundo para poder encontrar las causas de estos. Los resultados confirman que el uso del protocolo resulta ser beneficioso para la experiencia del usuario en la mayoría de las instancias, sin embargo se identifican excepciones en los casos de (U-2), la cual es analizada con más detenimiento en [C-9], y (U-5), la cual es examinada con más detenimiento en [C-11].

Para los datos cualitativos se realizó un diagrama de afinidad que permitiera identificar los mayores éxitos, posibilidades de mejora, sugerencias, observaciones generales, y errores. Estos datos se organizaron en 11 clústers que representan los distintos hallazgos reconocidos, separándolos en dos categorías para facilitar su comprensión. En la categoría de "Facilidad de uso y comprensión del protocolo" se confirma que el protocolo afectó positivamente a los facilitadores a la hora de realizar la actividad, que el protocolo le entrega las herramientas necesarias al facilitador para manejar el visor, indicaciones para que la actividad sea realizada correctamente, y se identificó la importancia de dedicar un periodo de tiempo previo a la actividad para que el facilitador se familiarice con la actividad, ya que en el caso contrario esto afecta negativamente al facilitador y usuario durante la actividad.

En la categoría de "Experiencia del usuario e interacción durante la actividad" se confirma que el protocolo asegura que el facilitador recuerde ajustar la separación de los lentes (a pesar de existir confusión sobre como hacerlo). El protocolo define el espacio apropiado para la actividad y se lo comunica al facilitador. Además se concluyó que los usuarios no están familiarizados con los controles y tienen dificultades para internalizarlos. Se identificaron casos no previstos en el agotamiento de las baterías y fallo del sensor infrarrojo; se levantó la necesidad del facilitador por una pantalla que le muestre la visión del usuario. Se identifica la importancia que tiene explicar al usuario la actividad sobre el estrés del usuario durante esta, y como el protocolo mejora la capacidad del facilitador para ajustar el visor en el usuario, pero no logra evitar todos los malestares posibles.

5.1. Validación de los objetivos

Al realizar este proceso, se evidencia el cumplimiento de los objetivos definidos al inicio de este trabajo.

El objetivo general es cumplido al generar el protocolo que está enfocado a las actividades

de realidad virtual y diseñado en el contexto del LabUX USM, con tal de que sea utilizado por sus ayudantes. Por último, se realizó una validación posterior de este para verificar su efectividad y puntos de mejora.

El primer objetivo específico es cumplido al elaborar el protocolo siguiendo un estándar previamente definido, y siguiendo las recomendaciones para el uso del dispositivo de realidad virtual provenientes del fabricante. Como los usuarios de este protocolo serán los ayudantes del laboratorio, entonces se cumple el objetivo al diseñarlo explícitamente para que sea utilizado por ellos en el contexto del laboratorio.

El segundo objetivo específico es cumplido al diseñar la actividad que permitió validar el protocolo, entregar los conocimientos necesarios para utilizar la herramienta TLX, y demostrar la manera de realizar la obtención y posterior análisis de retroalimentación. Además el formato del protocolo fomenta su revisión posterior y requiere especificar el método para evaluar su efectividad posteriormente para verificar que su efectividad siga vigente.

El último objetivo específico es cumplido al generar **7 instancias de validación** en donde **participaron ayudantes del laboratorio** en cada una de ellas. La efectividad del protocolo es verificada con el uso de la herramienta TLX y la retroalimentación es obtenida mediante el uso de entrevistas y observación directa, sintetizando todo en un diagrama de afinidad.

5.2. Alcance y limitaciones

Este trabajo de memoria fue realizado exclusivamente considerando el espacio del LabUX perteneciente a la Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso. Se realizó con la participación de 5 ayudantes del laboratorio y 7 usuarios externos en pruebas participativas de aproximadamente 20 minutos. Además se contó con dos usuarios externos para la realización de la prueba piloto.

Una de las principales limitaciones de este trabajo fue el pequeño tamaño de la población que podía cumplir el rol de facilitador para la validación del protocolo, ya que dentro del número de ayudantes pertenecientes al laboratorio solo 5 tenían conocimiento sobre realizar pruebas de usabilidad, cualidad indispensable para que la actividad pudiera realizarse correctamente y la carga de la tarea del usuario no se viera afectada negativamente. Además, debido a la naturaleza del protocolo, la efectividad de la retroalimentación disminuía considerablemente una vez que el ayudante ya había utilizado el protocolo, ya que en instancias futuras su grado de familiaridad terminaría afectando los resultados, lo que impidió que se pudieran realizar más instancias con los mismos facilitadores.

Otra limitación fue el espacio disponible para realizar las actividades. Con un espacio de $5,3m^2$ no fue posible aventurarse a utilizar aplicaciones que promuevan al usuario moverse alrededor, o realizar movimientos bruscos en una gran área sin obstáculos a su alrededor, por lo que se tuvo que optar por una aplicación que requiriera considerable esfuerzo físico

pero mínimo movimiento espacial.

5.3. Trabajo a futuro

Gracias al análisis realizado en la retroalimentación se tienen muchas oportunidades de mejora a considerar.

En cuanto a mejoras breves y de poco alcance se obtuvieron múltiples sugerencias:

- Agregar requerimiento de familiaridad con la actividad para el facilitador. Este debe estar al tanto de como realizarla y los requerimientos de éxito.
- Modificar los títulos "Preparación de material" y "Preparación de usuario" para que sean menos similares y disminuir la posibilidad de confundirlos en la primera lectura.
- Agregar imágenes del visor como apoyo visual, especialmente para indicar como dejar reposando el visor en la mesa.
- Indicar explícitamente que para calibrar la separación de ojos se debe mover los lentes físicamente con la mano.
- Definir explícitamente que primero se ajusta bien el visor en el usuario y luego se verifica la separación de los lentes.
- Resaltar que los controles se le explican al usuario mientras este no tenga el visor puesto.
- Documentar procedimiento para falta de baterías en los controles y medidas de prevención.
- Documentar procedimiento para falla del sensor infrarrojo de proximidad y medidas de prevención.
- Añadir sección de compartir pantalla del visor a una televisión de la Sala de *testing* en la sección "Preparación de material".
- Añadir medidas de validación con el usuario para verificar que se encuentre cómodo, y criterios para decidir si proseguir con la actividad.
- Añadir sección para medidas en caso de que el usuario sea más alto que el facilitador, se sugiere sentar al usuario.
- Definir intervalos de tiempo necesarios para cada etapa, para así saber cuanto tiempo el facilitador necesita antes de hacer pasar al usuario.

Una versión mejorada del protocolo con estos cambios implementados se encuentra en el anexo 5.3 adjunto en este trabajo. Las adiciones y modificaciones se destacaron con color azul para facilitar su lectura y reconocimiento.

Además se identificaron diversos ámbitos en donde mayor investigación sería recomendable antes de tomar una decisión.

Uno de ellos es que (F-2) plantea la sugerencia de que los facilitadores necesitan de experiencia previa con el visor para garantizar la calidad de la actividad. Sin embargo (F-2) es el facilitador con más experiencia del laboratorio en cuanto al visor de realidad virtual. Ningún otro facilitador presentó esta preocupación a pesar de tener menor experiencia que (F-2), por lo que sería útil generar una investigación que analice el efecto de la experiencia con el visor en la calidad de la actividad, y si es suficientemente significativa. Similarmente también propone que la familiaridad que tenga el usuario con controles similares (ya sean de realidad virtual, consolas de videojuegos, o controles remotos) puede ser un factor importante para que el usuario pueda familiarizarse con los controles de la actividad. Sin embargo, (U-2) era un usuario ya familiarizado con controles similares, por lo que una investigación análoga sería recomendable para evaluar que tan importante es la experiencia con controles de cualquier tipo.

Otro ámbito interesante de investigar es que diversos problemas y aumento de la carga de la tarea para los usuarios surgieron debido a que los usuarios no estaban familiarizados con los controles de la actividad. Sin embargo, en el caso de una prueba de usabilidad, que tan intuitiva es la interfaz es un dato muy importante que vale la pena evaluar. Por lo tanto, sería interesante investigar si vale la pena aumentar la carga de la tarea del usuario para obtener más información en ciertos casos. Una investigación similar se puede realizar tomando en cuenta la familiaridad del usuario con la actividad y cuanta información es necesario entregarle, balanceando así también la comodidad del usuario con la información que se pueda obtener.

Por último, si bien no sería un trabajo de investigación académica, el laboratorio se beneficiaría si se encontraran espacios alternativos para realizar actividades de realidad virtual, ya que, si bien el espacio actual es suficiente, este limita la cantidad de aplicaciones que se pueden utilizar de manera segura.

ANEXOS

Anexo A: Materiales TLX.

A.1: Definición de dimensiones.

DIMENSIÓN	DEFINICIÓN	EJEMPLOS
Exigencias Mentales	Cantidad de actividad mental y perceptiva que requiere la tarea	¿Cuánta actividad mental y perceptiva fue necesaria? (pensar, decidir, calcular, etc.). ¿Es una tarea difícil o fácil, simple o compleja, pesada o ligera?
Exigencias Físicas	Cantidad de actividad física que requiere la tarea	¿Cuánta actividad física fue necesaria? ¿Se trata de una tarea difícil o fácil, lenta o rápida, relajada o cansada?
Exigencias Temporales	Nivel de presión temporal percibida	¿Cuánta presión de tiempo sintió debido al ritmo al cual se sucedían las tareas o elementos de las tareas? ¿Era el ritmo lento y pausado, o rápido y frenético?
Rendimiento	Grado de satisfacción con el propio nivel de rendimiento	¿Hasta qué punto cree que ha tenido éxito en los objetivos establecidos por el investigador (o por Ud. mismo)? ¿Cuál es su grado de satisfacción con el nivel de ejecución?
Esfuerzo	Grado de esfuerzo mental y físico que debe realizar para obtener su nivel de rendimiento	¿En qué medida ha tenido que trabajar (física o mentalmente) para alcanzar su nivel de resultados?
Nivel de Frustración	Grado de inseguridad, estrés, irritación, descontento, etc., sentido durante la realización de la tarea	Durante la tarea, ¿en qué medida se ha sentido inseguro, desalentado, irritado, tenso o preocupado o por el contrario, se ha sentido seguro, contento, relajado y satisfecho?

Tabla 4: TLX: Definiciones de dimensiones.
Fuente: Elaboración propia.

A.2: Instrucciones para el usuario: Evaluación de fuentes de carga de la tarea.

Durante el transcurso de este experimento los indicadores son usados para evaluar tus experiencias en los distintos ámbitos de la tarea. Indicadores como estos son muy útiles, pero su utilidad sufre por la tendencia que la gente tiene de interpretarlos de distintas maneras. Por ejemplo, algunas personas sienten que exigencias temporales o mentales son esenciales aspectos de la carga de una tarea, sin importar el esfuerzo con el que hayan realizado la tarea o el nivel de rendimiento que alcanzaron. Otros sienten que si rindieron bien entonces la carga fué baja y si rindieron mal entonces debió haber sido alta. Sin embargo otros sienten que el esfuerzo o la frustración son los factores más importantes para la carga: etc etc. Los resultados de estudios previos han encontrado todos los patrones concebibles. Además, los factores que crean niveles de carga dependen de la tarea. Por ejemplo, algunas tareas podrían ser difíciles porque requieren ser completadas rápidamente. Otras parecerán fáciles o difíciles debido a la intensidad de la exigencia física o mental que se requiera. Por otro lado, otras se sienten difíciles porque no pueden ser realizadas bien, no importa cuánto esfuerzo se gaste.

La evaluación que estás a punto de realizar es una técnica que ha sido desarrollada por NASA para evaluar la importancia relativa de los seis factores que determinan cuánta carga de trabajo experimentaste. El procedimiento es simple: Serás presentado con una serie de pares de indicadores (Por ejemplo, Esfuerzo vs Exigencia Mental) y se te pedirá que escojas cuál de los dos fué más importante para **tu** experiencia de la carga de la(s) tarea(s) que acabas de realizar. Cada par aparecerá en una tarjeta diferente.

Encierra el indicador que representa el factor más importante para la carga de trabajo de la(s) tarea(s) específicas que realizaste en este experimento.

Luego de que hayas terminado la serie completa podremos usar el patrón de tus elecciones para crear una combinación ponderada de los puntajes de esa tarea en un nivel que resuma la carga de la tarea. Por favor considere sus elecciones con cuidado y trate de que sean consistentes con su uso de los indicadores cuando se le pidió evaluar la tarea anteriormente. No piense que existe un patrón *correcto*: Simplemente estamos interesados en sus opiniones.

Si tiene alguna pregunta por favor hágala ahora. De lo contrario comienza cuando esté listo. Gracias por su participación.

A.3: Instrucciones para el usuario: Indicadores.

No solo estamos interesados en evaluar su desempeño, sino que también las experiencias que haya tenido en las distintas condiciones de la tarea. Ahora vamos a describir la técnica que será usada para examinar sus experiencias. Poniéndolo de una manera más general, estamos examinando la “carga de la tarea” que haya experimentado. La carga de la tarea es un concepto difícil de explicar precisamente, pero uno simple de entender de manera

general. Los factores que influyen su experiencia de la carga de la tarea pueden venir de la tarea en sí misma, sus sentimientos acerca de su propio desempeño, cuánto esfuerzo le dedica, o el estrés y frustración que sienta. La carga contribuida por los diferentes elementos de la tarea pueden cambiar en la medida de que se familiarice con la tarea, realice versiones más simples o más complejas de esta, o se mueva de una tarea a otra. Los componentes físicos de la carga son relativamente fáciles de conceptualizar y evaluar. Sin embargo, los componentes mentales de la carga podrían ser más difíciles de medir.

Siendo la carga algo experimentado individualmente por cada persona, no existen “medidas” efectivas que puedan ser usadas para estimar la carga de diferentes actividades. Una forma de encontrar la carga es pedirle a la gente que describa los sentimientos que experimentaron. Como la carga puede ser causada por distintos factores, nos gustaría que usted evaluara varios de estos individualmente en vez de juntarlos en una evaluación única de carga total. Por favor lea las descripciones de los indicadores con cuidado. Si tiene alguna duda sobre cualquiera de los indicadores en la mesa, por favor pregúntame sobre ello. Es extremadamente importante que le queden claros. Puede mantener las descripciones con usted como referencia durante el experimento.

Luego de realizar cada una de las tareas se le entregará una hoja con los indicadores. Usted evaluará la tarea colocando una “X” en cada uno de los seis indicadores en el punto que corresponda con su experiencia. Cada línea tiene dos descriptores en los extremos que describen la escala. Note que “Rendimiento” va de “Bueno” en la izquierda a “Malo” en la derecha. Este orden ha sido confuso para algunas personas. Por favor considere sus respuestas con cuidado al distinguir entre los distintos aspectos de la tarea. Considere cada indicador individualmente. Sus puntajes tendrán un rol importante en la evaluación que se está realizando, por lo tanto, su activa participación es esencial para el éxito de este experimento y es muy apreciada por todos nosotros.

Anexo B: Protocolo resultante.

Protocolo para el uso del dispositivo Oculus Quest 2 en el Laboratorio de Experiencia Usuaría.

Fecha de elaboración: 01/09/2023

Fecha de revisión: 01/09/2024

Autor: Felipe Chilla

Revisores: Ayudantes del Laboratorio de Experiencia Usuaría

Declaración de Conflicto de Interés

Este documento fue creado y revisado por personal relacionado con el Laboratorio de Experiencia Usaria, perteneciente a la Casa Central de la Universidad Técnica Federico Santa María. Por lo que se declara un conflicto de interés dado que los recursos de personal y material requeridos por este documento deberán ser proporcionados por el mismo laboratorio.

Introducción

Este protocolo contiene la mayor parte de la información necesaria para aprender a utilizar los lentes de realidad virtual disponibles en el laboratorio (el dispositivo Meta Quest 2). Es recomendable que leas este protocolo con calma antes de ocuparlos con un usuario, pero no tengas miedo de probarlos por tu cuenta mientras lees esta página.

Definiciones

Testing: El testing de software es el proceso de evaluación y verificación de que un producto de software o una aplicación haga lo que se supone que debería hacer. Los beneficios de testing incluyen prevenir bugs, reducir costos de desarrollo y mejorar el desempeño (*What Is Software Testing and How Does It Work?*, n.d.).

En el caso del laboratorio nos centraremos en un campo específico del área llamado **test de usabilidad**, en donde se evalúa que tan bien un usuario puede utilizar un sistema o aplicación (en este caso de realidad virtual) para completar una tarea.

Objetivos

Generales:

Diseñar y validar un protocolo para realizar testing de tecnologías de realidad virtual en el Laboratorio de Experiencia Usaria de la Universidad Técnica Federico Santa María, orientado a los ayudantes del laboratorio para mejorar la experiencia de sus usuarios.

Específicos:

- Evitar accidentes durante el desarrollo de actividades con dispositivos VR en el laboratorio.
- Generar un proceso replicable para uso de los ayudantes del laboratorio.
- Generar un proceso de validación para mejoras posteriores en el futuro del laboratorio.

Ámbito de aplicación y grupo objetivo

Este protocolo está orientado para los ayudantes del Laboratorio de Experiencia Usaria de la Universidad Técnica Federico Santa María. Se debe tener conocimientos sobre como realizar actividades de testing en el laboratorio, y es deseable que se posea experiencia previa en cuanto a testing y tecnologías de realidad virtual.

Personal involucrado

Usuario: Persona seleccionada para realizar la tarea, será la persona encargada de utilizar el visor por la mayor parte del proceso y es la persona que nos dará los datos importantes para evaluar la aplicación al momento de probarla.

Facilitador: Persona perteneciente al laboratorio encargada de preparar la actividad, tratar con el usuario, y ser responsable de que las actividades se realicen sin ningún problema ni accidente. **Es imperativo que el facilitador esté familiarizado con la actividad que va a realizarse antes de realizarla, o de lo contrario no podrá guiar al usuario durante esta.**

Material

- Dispositivo de realidad virtual Oculus Quest 2: Provisto por el laboratorio con 2 controles incluidos y un soporte adicional para mayor comodidad del usuario.
- Cobertura facial de silicona para el visor.
- Toallas húmedas sin abrasivos ni aroma.

Términos y definiciones

VR: Realidad virtual.

Visor: Dispositivo de realidad virtual Oculus Quest 2.

LabUX: Laboratorio de Experiencia Usaria de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Sistema Guardián: Sistema propio del visor que genera paredes virtuales para indicar al usuario cual es la zona en la que se puede mover sin problemas.

Precauciones

- Al tomar el visor procura no tocar las cámaras al frente de este.
- Mantener la zona designada libre de obstáculos. Ninguna persona puede entrar en la zona designada mientras la actividad se esté realizando, ya que el usuario no se encuentra consciente de su entorno mientras utiliza el dispositivo.
- Siempre utilizar las correas de los controles para prevenir accidentes.
- No exponer los lentes internos de vidrio a la luz solar ni directamente a luz artificial, podría generar daños irreparables al dispositivo.
- En caso de dolores musculares, náuseas, o cualquier complicación, detener inmediatamente el testeo.

- Preferir usuarios que no utilicen anteojos. Si no es posible, que el marco de los anteojos no sea grande, o solicitar que el usuario utilice lentes de contacto. Anteojos muy grandes generan incomodidad y podría rayar el lente del dispositivo. El visor acomoda el uso de lentes, pero de preferencia evitar riesgos.
- En caso de que el usuario tenga el pelo largo pedir que se tome el pelo en una cola.
- Verificar que los controles del visor tengan suficiente batería para la duración de la actividad.

Procedimiento

• Actividades de Valoración

El dispositivo está diseñado para personas de 13 años (*Meta Quest 2 Safety Hub: Manual & Guides* | Meta, n.d.) o más por lo que se debe confirmar la edad del usuario antes de comenzar con el procedimiento.

Confirmar si el usuario no presenta condiciones médicas preexistentes como **convulsiones debido a luces intermitentes**, o si utiliza equipo médico remoto como **marcapasos, audífonos, o defibriladores**, ya que pueden verse afectados por interferencias causadas por el visor o los controles. Si se encuentra en alguno de estos casos, solicitar que el usuario consulte con su médico antes de utilizar el dispositivo.

Es importante cerciorarse del estado del usuario antes de comenzar con el procedimiento. **Detener la actividad** si el usuario presenta señales de encontrarse:

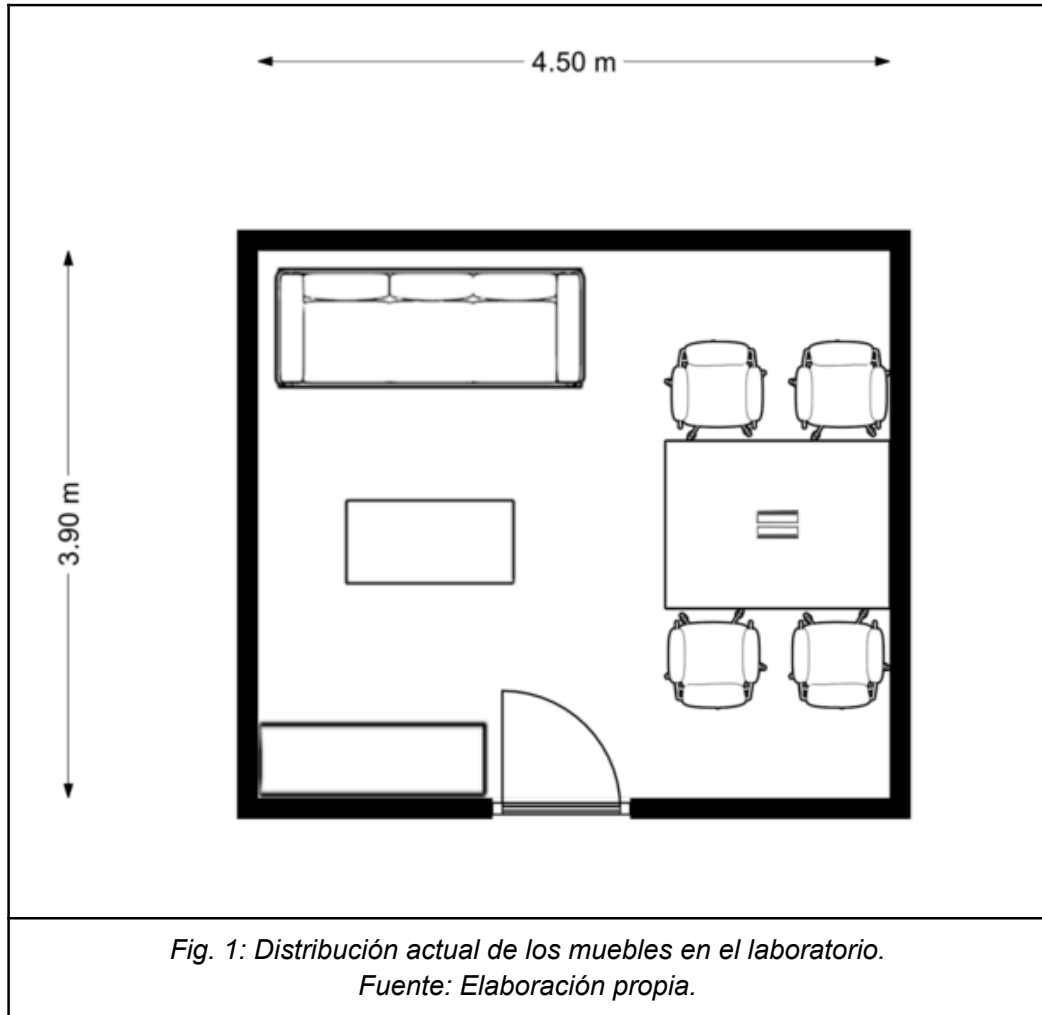
- Cansado/Exhausto.
- Con falta de sueño.
- Bajo la influencia del alcohol o drogas.
- Con resaca.
- Con problemas digestivos.
- Con ansiedad o bajo mucho estrés.
- Con un resfriado, gripe, dolores de cabeza, migrañas, o dolor de oído.
- Con condiciones contagiosas relacionadas con la piel, ojos, o el cuero cabelludo. (conjuntivitis, piojos, sarpullidos)

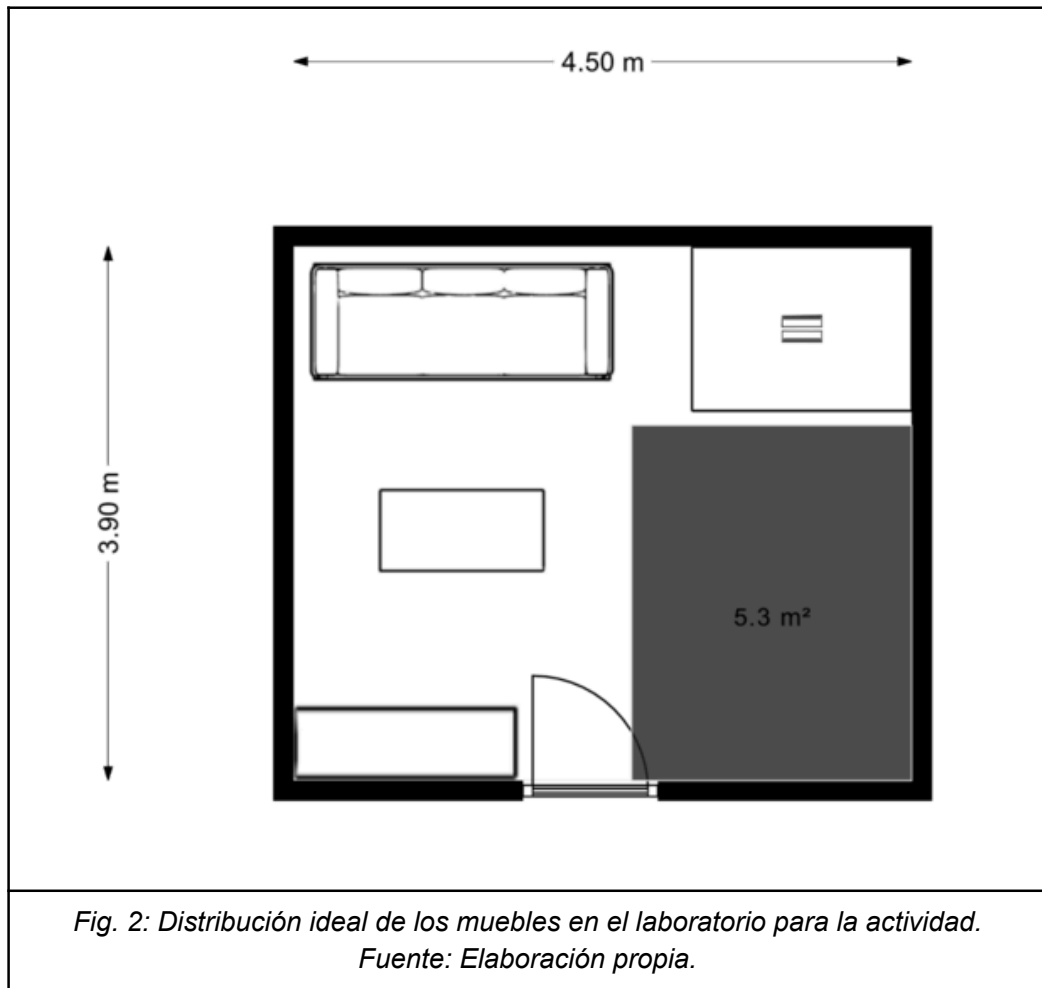
• Organización del material (20 minutos)

Esta etapa debe ser realizada antes de que el usuario ingrese a la sala para tener todo el material preparado para la actividad. La sala de Testing en el LabUX cuenta con micrófonos de cielo, y cámaras para registrar el proceso de testing. Sin embargo, no hay suficiente espacio para moverse con seguridad (Fig. 1), por lo que se tendrá que modificar la distribución de los muebles para generar un espacio seguro para que el usuario se pueda mover.

Para esto, se sacarán las sillas de la sala, y se moverá la mesa hasta que tope con la muralla superior, de esta manera, contaremos con un área de aproximadamente 5.3 m² en donde el usuario se podrá mover en libertad siempre y cuando la puerta

se mantenga cerrada. (Fig. 2) En caso de emergencia, el testing se suspenderá, por lo que no hay problema en mantener la puerta cerrada durante este. Existe la posibilidad de sacar la mesa pequeña para generar más espacio, pero esto puede resultar en un área más irregular y más difícil de recordar debido a la presencia del estante en la esquina inferior derecha. Un espacio sin obstáculos es lo más recomendable para un área segura.





Para preparar la sesión de *testing*, es esencial tener el visor listo para ser utilizado, de esta manera no se pierde tiempo con el usuario presente. Para preparar el dispositivo se necesitan realizar las siguientes tareas:

- Encender el dispositivo: Se debe encender el dispositivo y asegurarse de que tiene suficiente batería para su uso. El dispositivo que tenemos disponible tiene una batería con duración de 2 horas, por lo que idealmente deberá estar con su batería al máximo para evitar contratiempos.
- Definir el sistema guardián: Para utilizar el dispositivo, este requiere la definición de un “Sistema Guardián” (Fig. 3), el cual consiste en el área en donde el usuario tendrá permitido moverse para no chocar con elementos de su alrededor. Para definirlo, se deben seguir las instrucciones dadas por el mismo visor y dibujarlo con la ayuda de los controles. Una vez definido, el “Sistema Guardián” queda guardado en la memoria del dispositivo. Sin embargo, es recomendable revisar que este corresponda al área definida (Fig. 2).

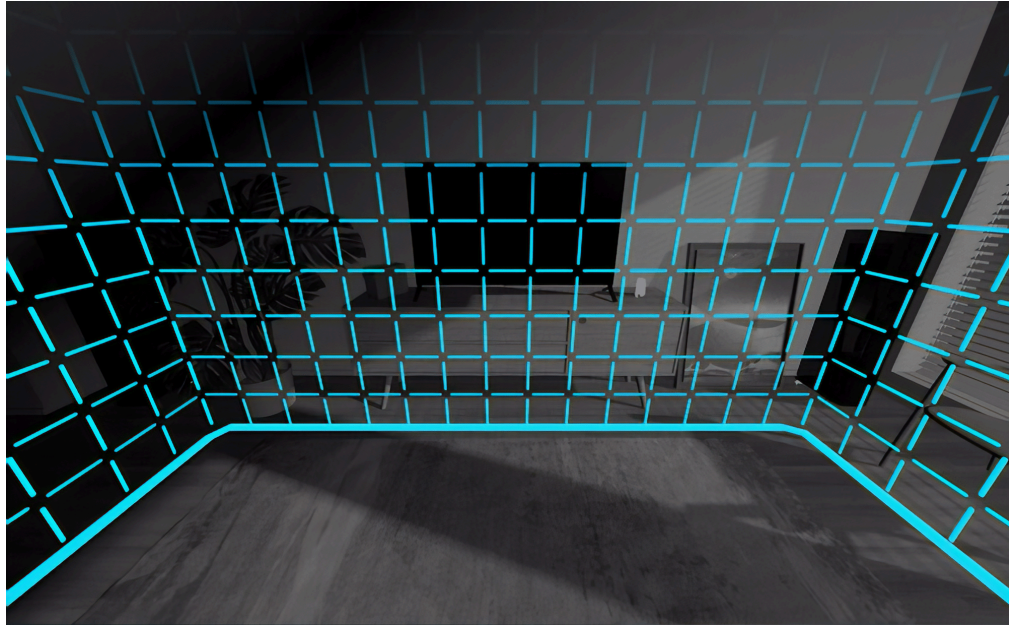


*Fig 3: Imágen de Sistema Guardián definido en el living de una casa.
Fuente: (Heaney, 2020)*

- Abrir la aplicación: Es necesario también tener la aplicación lista para el *testing*. Deje la aplicación de tal manera que el usuario apenas se ponga el dispositivo esté listo para comenzar la tarea. También es recomendable documentar qué botones de los controles van a ser utilizados, cosa de que los usuarios no familiarizados con el dispositivo estén al tanto de que botones existen, ya que al tener el visor puesto no podrán revisarlos con sus manos. Sin embargo, no informar al usuario de los controles también puede entregar información sobre qué tan intuitivos son, por lo que esta parte queda a discreción de el que diseñe el test para que lo tenga en consideración.
- Compartir pantalla: Para poder guiar al usuario durante la actividad, es necesario tener acceso a lo que puede ver. Para ello se debe compartir la visión del usuario a una de las pantallas de la sala con tal de que pueda ver lo mismo que el usuario ve. Para aprender cómo compartir la pantalla, se puede acceder al Notion del laboratorio en donde se encuentran las instrucciones y credenciales necesarias en la sección de “Compartir señal de video al computador” de la página “Meta Quest 2”.
- Preparación del usuario (10 minutos)
Ahora es momento de hacer pasar al usuario a la sala de *testing*, si se requiere hacer una entrevista previa a la actividad ahora es un buen momento para realizarla. El dispositivo está diseñado con 3 posiciones distintas de separación entre los

lentes. En el borde superior entre los lentes existe un indicador que informa en qué posición se encuentra el dispositivo en cada momento.



*Fig 4: Imágen del indicador de separación entre las posiciones 2 y 3
Fuente: Elaboración propia.*

Tenemos que determinar cual de estas resulta más óptima para el usuario y la distancia entre sus pupilas.

- Comenzaremos moviendo físicamente los lentes hasta su posición más separada (posición 3). *Se deben mover agarrando los lentes dentro del visor con la mano y separándolos con una fuerza moderada manteniendo los dedos en los bordes de los lentes y sin tocar el vidrio.*
- Luego le colocaremos el dispositivo sin ajustar los soportes al usuario y le preguntaremos si se ve borroso. Es importante que el usuario mueva con libertad el dispositivo cuando lo tenga puesto con tal de que pueda verificar la separación de los lentes viendo con el mejor ángulo posible. Esto generalmente consiste en el usuario acomodando su cara más arriba o más abajo, lo cual afecta que tan nítida se ve la imagen. *Este es un paso muy importante ya que la nitidez de la imagen solo debe verse afectada por la separación de los lentes y no por un visor mal acomodado. Recordar que el usuario puede que nunca tenga una visión completamente perfecta pero tenemos que encontrar la configuración que le genere el menor malestar posible.*
- A continuación, retiramos el dispositivo de la cabeza del usuario y movemos los lentes a la posición 2, posteriormente colocando de nuevo el dispositivo en el usuario para que verifique si puede ver perfectamente. En caso contrario, recuperamos nuevamente el dispositivo y probamos con la posición

1 de los lentes. Si el usuario aún no puede ver una imagen nítida, entonces le pediremos que elija cuál de las 3 posiciones resultó más cómoda y trabajaremos con esa.

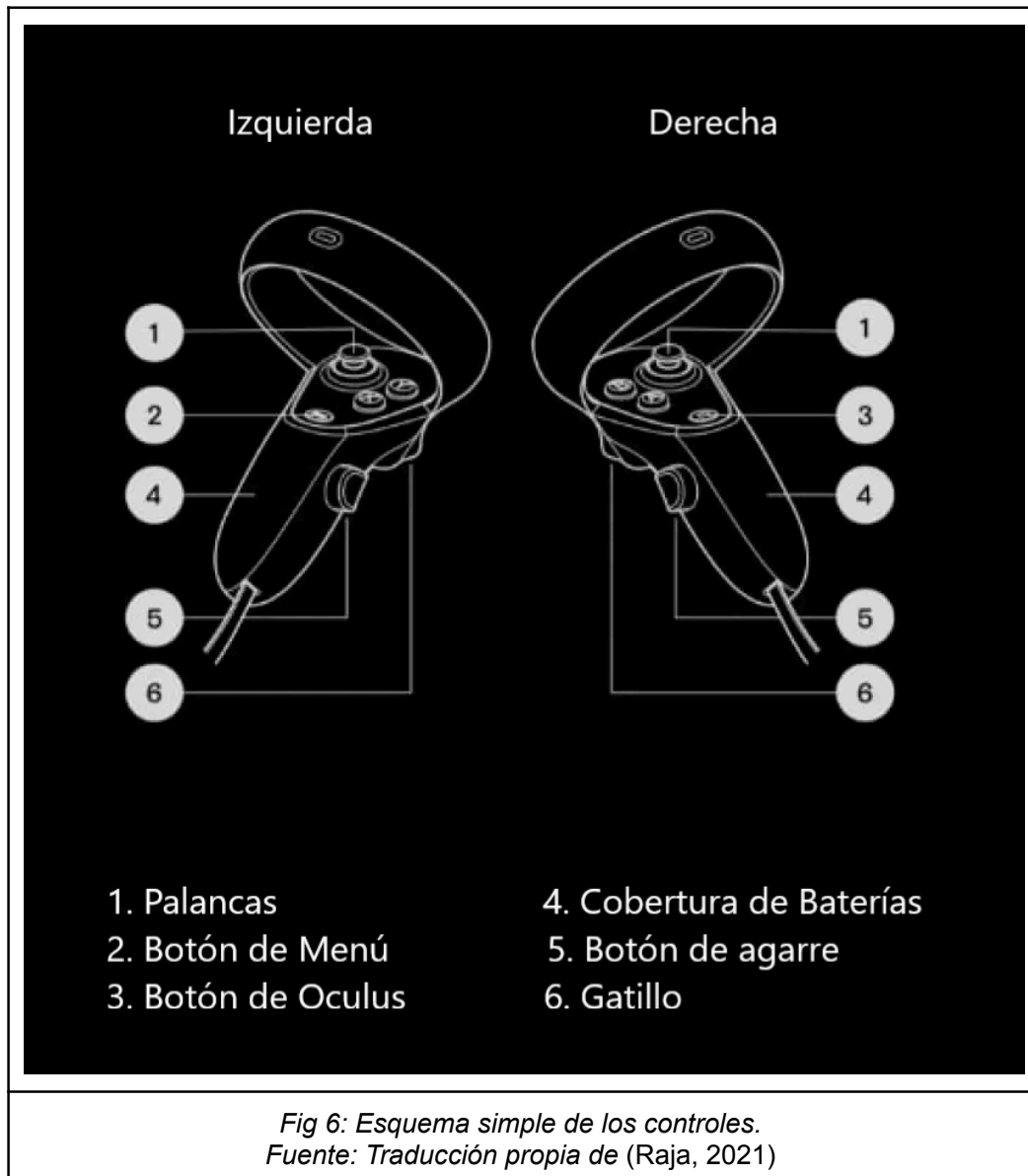
- Luego de determinar la separación correcta, retiramos el visor de la cabeza del usuario y lo dejamos encima de la mesa (Fig. 5).



*Fig 5: Forma de dejar reposando el visor
Fuente: Elaboración propia.*

En el caso de que esta sea la primera vez que el usuario utiliza el dispositivo es recomendable realizar un acercamiento a los controles y el visor. Para esto, le solicitaremos al usuario que se pare en el centro del espacio preparado para el test **sin tener el visor puesto**. Con esto procederemos a mostrarle los controles:

- Se le mostrarán al usuario cada control y en qué mano se colocan. También se le mostrará e informará de todos los botones existentes: los **gatillos** frontales, los **botones de agarre** laterales, **A, B, X, Y**, **que se encuentran junto a las palancas**, las **palancas**, y el hecho de que las palancas pueden también ser presionadas como botones.
- Será importante también resaltar la existencia del botón **Oculus y Menú (2 y 3 en la figura 6)**, ya que estos no son apreciables fácilmente con el tacto, haciendo difícil que el usuario los encuentre en medio del test sin saber de su existencia previa.



- Ejecución (7 minutos)

Ahora será momento de **colocar el visor** y ajustarlo para mayor comodidad. Es importante que el visor se encuentre bien colocado y firme, ya que en caso contrario esto puede causar mareos, empeorar la calidad de la imagen, y dolores musculares. Para ello se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Primero **colocaremos los controles**, de esta manera no tenemos que **ajustar las correas con un usuario sin visión**. Para ello soltaremos las correas de los controles y le pediremos al usuario que se los coloque en las manos correspondientes. El control con **A** y **B** es el derecho, mientras que el control

con **X** e **Y** es el izquierdo. Luego ajustaremos las correas para que los controles no se caigan en caso de que el usuario los suelte.

- Cuando se le coloque el visor al usuario, el soporte deberá estar extendido al máximo, para que sea fácil de colocar. Si el usuario es muy alto entonces es recomendable que este se siente en una silla para que se le pueda colocar el visor con mayor facilidad. Luego, se le pedirá al usuario que mueva el visor a gusto con tal de que la imagen se vea nítida, cuidando que el lente ocupe su frente de soporte y no en sus mejillas, ya que de lo contrario esto podrá generar dolor en la nuca después de un tiempo.
- Una buena manera de verificar que el visor se encuentre correctamente colocado es que el usuario se encuentre viendo una pantalla con texto, ya que resulta más fácil identificar imperfecciones en estos casos. Si la imagen del centro se encuentra nítida entonces se puede proceder con la actividad, es normal que los bordes se vean un poco más borrosos. Recordar hacer que el usuario mueva la cabeza para verificar que el visor no se vaya a mover durante la actividad y esto afecte la experiencia del usuario.
- Una vez que el usuario se encuentre cómodo con el visor, se ajustará el soporte de tal manera que el visor esté firme en la cabeza del usuario y no se desajuste con el movimiento de su cuello.
- Con el visor ya listo, el usuario puede comenzar a manejar los controles y se encuentra listo para la actividad.
- Informar al usuario de la existencia y funcionamiento del Sistema Guardián

Luego de que el usuario se encuentre en posición, el facilitador deberá retirarse del área designada e indicar al usuario que la actividad puede comenzar. A continuación se deberá proceder con la actividad planeada.

- Realizar la actividad (Tiempo variable)

El facilitador realiza la actividad previamente planificada mientras se mantiene a una distancia segura.

Durante la actividad pueden suceder las siguientes situaciones:

- Los controles se quedan sin batería: Detener la actividad temporalmente y reemplazar las baterías agotadas, para ello es importante siempre tener un repuesto de baterías cargadas disponibles.
- La pantalla del visor se va a negro: Puede ser que el sensor de proximidad que verifica que el visor esté colocado esté fallando, para solucionar este problema simplemente retirar el visor y colocarlo de nuevo. Si el problema persiste por al menos tres veces más entonces es recomendable suspender la actividad y buscar ayuda experta para arreglar el sensor.

- Término de la actividad (10 minutos)

Al momento de terminar la actividad, seguir las siguientes instrucciones para minimizar riesgos de accidentes:

- Indicar al usuario que la actividad se ha terminado y que debe parar todo movimiento. No proceder hasta que el usuario se encuentre quieto.
- Una vez que el usuario se calme, indicar claramente que el facilitador se acercará hacia el usuario. En este momento el usuario se encuentra totalmente ciego en cuanto al espacio del laboratorio por lo que la advertencia le permitirá evitar una reacción no deseada cuando el facilitador se acerque.
- Utilizar la perilla en la parte posterior del visor para extender el soporte al máximo y retirar el visor de la cabeza del usuario. Dejar el visor en una superficie plana y estable.
- Indicar al usuario que se remueva los controles extendiendo las correas y quitándose las de las muñecas. Dejar los controles en una superficie plana y estable.
- Retirar la cobertura de silicona y limpiarla con las toallas húmedas. Secar en el aire (*How Do I Clean and Sanitize My Oculus for Business Devices?*, n.d.).

Evaluación

Para validar la efectividad de este protocolo en el futuro se deben seguir las siguientes indicaciones:

1. **Definir una actividad a realizar:** Para este ejemplo realizaremos un test de usabilidad de la aplicación Beat Saber, pidiéndole al usuario que juegue la canción *Beat Saber* en dificultad *Easy* y con la opción *No Fail* activada.
2. **Definir dos grupos de usuarios:** Al grupo de control se le realizará la actividad con un facilitador que no tiene acceso al protocolo, mientras que al grupo experimental se le realizará la actividad con un facilitador que sí tenga acceso al protocolo.
3. **Seleccionar a los facilitadores:**
 - Tener en consideración que es preferible que el grupo de control no tenga facilitadores familiares con el protocolo, mientras que los facilitadores del grupo experimental deben cumplir con los requisitos de Grupo Objetivo estipulados en este protocolo.
 - Facilitadores del grupo de control pueden participar en el grupo experimental siempre que cumplan con las dos consideraciones previas.
 - Es preferible que facilitadores en el mismo grupo no se repitan.
4. **Realizar la actividad para cada grupo.**
5. **Registrar resultados:** Para generar datos cuantitativos se deberá aplicar la herramienta NASA-TLX (*NASA TLX Pen and Paper Manual*, n.d.) a cada usuario que realice la actividad. Se pueden ocupar la hoja de evaluación y las 15 tarjetas provistas en el anexo.
6. **Análisis de datos:** Calcular la carga de trabajo ponderada para cada usuario de cada grupo. En este ejemplo el *workload* del grupo experimental tuvo una media de 35.58, mientras que el *workload* del grupo de control tuvo una media de 41.33.
7. **Conclusiones:** En base a los resultados obtenidos decidir si el protocolo sigue siendo efectivo. En este ejemplo la media del *workload* del grupo experimental fué menor a la del grupo de control, por lo que se considera que el protocolo es efectivo.

Como recomendación adicional se sugiere que la actividad se grabe, y que posteriormente a la actividad se realice una entrevista a los facilitadores del grupo experimental. La información recopilada puede ser sintetizada en un diagrama de afinidad para generar hallazgos que muestren posibles mejoras para el protocolo.

References

- Heaney, D. (2020, April 17). *Oculus Quest Can Now Show Camera Passthrough Instead Of A Home Environment*. UploadVR. Retrieved December 3, 2023, from <https://www.uploadvr.com/oculus-quest-passthrough-home/>
- How do I clean and sanitize my Oculus for Business devices?* (n.d.). Oculus for Business. Retrieved December 3, 2023, from <https://business.oculus.com/support/665720147270975/>
- Meta Quest 2 Safety Hub: Manual & Guides | Meta*. (n.d.). Meta Store. Retrieved December 3, 2023, from <https://www.oculus.com/safety-center/quest-2/>
- NASA TLX Pen and Paper Manual*. (n.d.). NASA Human Systems Integration. Retrieved December 3, 2023, from https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/downloads/TLX_pappen_manual.pdf
- Raja, V. (2021, October 4). *All Phasmophobia VR Controls*. Pro Game Guides. Retrieved December 3, 2023, from <https://progameguides.com/phasophobia/all-phasophobia-vr-controls/>
- What is Software Testing and How Does it Work?* (n.d.). IBM. Retrieved December 3, 2023, from <https://www.ibm.com/topics/software-testing>

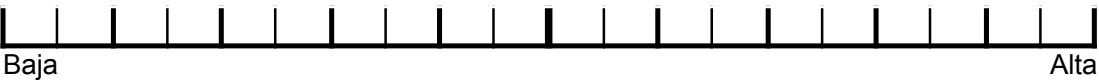
Anexos

Hoja de evaluación

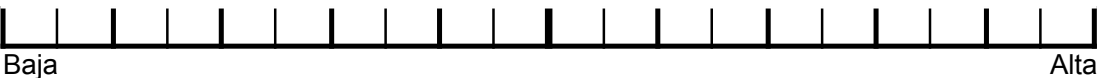
Nombre: _____

Tarea: _____

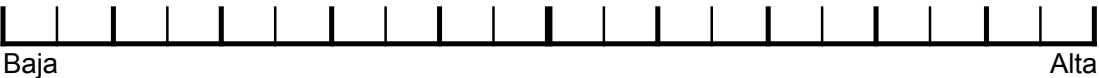
Exigencia Mental



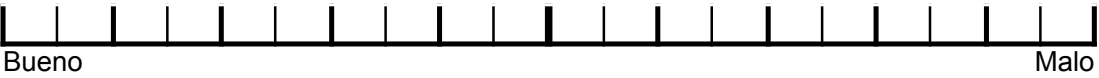
Exigencia Física



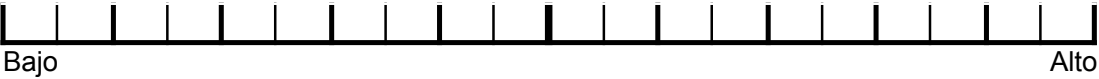
Exigencia Temporal



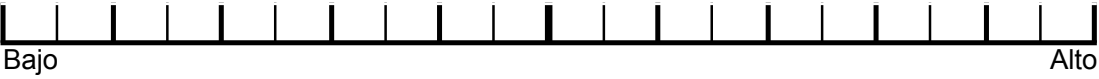
Rendimiento



Esfuerzo



Frustración



Esfuerzo o Rendimiento	Exigencia Temporal o Frustración	Exigencia Temporal o Esfuerzo
Exigencia Física o Frustración	Rendimiento o Frustración	Exigencia Física o Exigencia Temporal
Exigencia Física o Rendimiento	Exigencia Temporal o Exigencia Mental	Frustración o Esfuerzo
Rendimiento o Exigencia Mental	Rendimiento o Exigencia Temporal	Exigencia Mental o Esfuerzo
Exigencia Mental o Exigencia Física	Esfuerzo o Exigencia Física	Frustración o Exigencia Mental

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [9To5Mac, 2017] 9To5Mac (2017). Google translate ios app can now do live word lens translations from japanese.
- [Anthes *et al.*, 2016] Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., y Kranzlmüller, D. (2016). State of the art of virtual reality technology.
- [BeatGames, 2019] BeatGames (2019). Beat saber - vr rhythm game.
- [Case, 2022] Case (2022). Holoanatomy® software suite | case western reserve university.
- [Emmelkamp y Meyerbröcker, 2021] Emmelkamp, P. M. y Meyerbröcker, K. (2021). Virtual reality therapy in mental health. *Annual Review of Clinical Psychology*, 17(1):495–519. PMID: 33606946.
- [Fromm *et al.*, 2021] Fromm, J., Radianti, J., Wehking, C., Stieglitz, S., Majchrzak, T. A., y vom Brocke, J. (2021). More than experience? - on the unique opportunities of virtual reality to afford a holistic experiential learning cycle. *The Internet and Higher Education*, 50:100804.
- [GrandViewResearch, 2021] GrandViewResearch (2021). Virtual reality market size & share report, 2022-2030.
- [Hart, 2006] Hart, S. G. (2006). Nasa-task load index (nasa-tlx); 20 years later. En *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, volumen 50, pp. 904–908. Sage publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- [LabUX, 2022] LabUX (2022). Laboratorio de experiencia usuaria.
- [Manuelraj, 2020] Manuelraj, R. J. (2020). Hmd vs cave in the world of vr.
- [Meta,] Meta. Manual de seguridad y garantía, meta quest 2.
- [Meta, 2023] Meta (2023). Recommended space required to use roomscale on meta quest.
- [NASA, 1988] NASA (1988). *NASA TASK LOAD INDEX (TLX) Paper and Pencil Package*. NASA Ames Research Center, Moffett Field. California, v.1.0 edición. Available at https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/downloads/TLX_pappen_manual.pdf.
- [Oliveira *et al.*, 2016] Oliveira, R., Calsavara, D., Oliveira, P., y Fernandes Tavares, T. (2016). Measurement methods for phenomena associated with immersion, engagement, flow, and presence in digital games.
- [Riendeau, 2017] Riendeau, P. (2017). *Augmented and Virtual Reality: The next big thing in marketing?* PressBooks.
- [Sánchez Ancha *et al.*, 2011] Sánchez Ancha, Y., González Mesa, F. J., Molina Mérida, O., y Guil García, M. (2011). Guía para la elaboración de protocolos. *Biblioteca Lascasas*, 7(1).

[Tremosa, 2022] Tremosa, L. (2022). Beyond ar vs. vr: What is the difference between ar vs. mr vs. vr vs. xr?