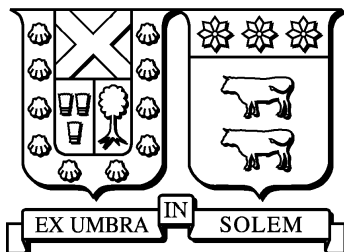


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

SANTIAGO – CHILE



“PATRONES DE DISEÑO PARA INTERFACES DE
USUARIOS EN PLATAFORMAS INMERSIVAS
COMO REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD
AUMENTADA”

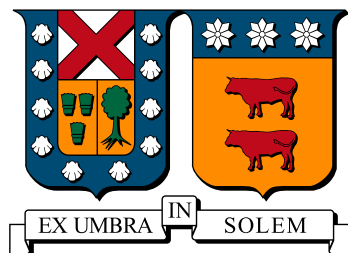
BENJAMÍN ANDRÉS CORDERO MANDUJANO

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INFORMÁTICO

PROFESOR GUÍA: LIOUBOV DOMBROVSKAIA

FEBRERO 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
SANTIAGO – CHILE



**“PATRONES DE DISEÑO PARA INTERFACES
DE USUARIOS EN PLATAFORMAS
INMERSIVAS COMO REALIDAD VIRTUAL Y
REALIDAD AUMENTADA”**

BENJAMÍN ANDRÉS CORDERO MANDUJANO

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INFORMÁTICO**

PROFESOR GUÍA: LIOBOV DOMBROVSKAIA

PROFESOR CORREFERENTE: LEONARDO MADARIAGA

FEBRERO 2019

MATERIAL DE REFERENCIA, SU USO NO INVOLUCRA RESPONSABILIDAD DEL AUTOR O DE LA INSTITUCIÓN

Agradecimientos

Quiero darme este espacio para agradecer a toda la gente que me acompañó en este arduo camino, partiendo por mi familia que nunca dejó de creer en mí y en mi capacidad de llegar a esta instancia, a todos los amigos que conocí en el camino, con los que compartí salas de clases y a los amigos de la vida que me vieron en las peores.

A Fabiola y Luciano que colaboraron conmigo en este proyecto y que me inspiraron a atreverme con este acercamiento tan distinto a la informática y que hoy me permite verla con otros ojos. Quiero agradecer encarecidamente a mi profesora guía, Liubov, por cómo ha sido conmigo; tanto como docente como persona.

Por último muchas gracias a usted, que está leyendo este documento.

Resumen

Realidad virtual o aumentada se emplea en entretenimiento, operaciones militares y procedimientos médicos. Se llega a utilizar en exploración de espacios de peligro, juegos e incluso en proyectos artísticos para maximizar la inmersión y la sensación de presencia en un espacio virtual.

Respecto al diseño de estas aplicaciones, no existen soluciones probadas que permitan maximizar la inmersión usando herramientas como patrones de diseño o metodologías de desarrollo. Esto sucede al tener que recurrir a patrones de otros medios o plataformas, que si bien permiten cumplir funcionalmente con los requerimientos de usabilidad de una experiencia, no consideran la inmersión como un factor al minuto de su implementación.

El objetivo principal de esta memoria es buscar una alternativa a las implementaciones basadas en Realidad Virtual y Aumentada que escapen del marco de la simulación en su implementación y obstaculizan la completa inmersión del usuario dentro de un espacio simulado. Este trabajo presenta una serie de patrones de diseño funcionales que buscan priorizar la inmersión a través de limitaciones al lenguaje explícito y a implementaciones invasivas a la experiencia del usuario y levantar una propuesta que utilice el lenguaje icónico que requiera el escenario simulado para ofrecer la experiencia más inmersiva posible para la persona.

Una vez se aplicaron pruebas de usuarios sobre los patrones propuestos, se obtuvo que cuatro de los cinco patrones fueron validados y se logró producir presencia e inmersión en los usuarios a través de toda la experiencia virtual implementada.

Palabras Clave: Realidad Aumentada, Realidad Virtual, Patrones de Diseño, Inmersión, Presencia.

Abstract

Simulation-styled apps have been used as a strong tool for experimental experiences, medical and military scenarios and artistic projects in the vein of maximizing immersion and sense of presence for the users in a virtual environment.

The main objective of this work is to formulate an alternative implementation for standardized design patterns with a functional focus used for this type of systems, that tend to hinder the total immersion of the user inside a simulated space.

This paper presents a series of functional design patterns that aim to prioritize immersion and presence on the user, through limitations to explicit language and the implementation of these within the linguistic requirements of the simulated environment.

After running user tests over both implementations, four out of five design patterns were validated and also immersion and presence were procured through the whole experience.

Keywords: Augmented Reality, Virtual Reality, Design Patterns, Immersion, Presence

Índice de Contenidos

Agradecimientos	III
Resumen	IV
Abstract	V
Índice de Contenidos	VI
Lista de Tablas	IX
Lista de Figuras	X
Glosario	XII
1. Introducción	1
Introducción	1
1.1. Descripción del Problema	2
2. Estado del Arte	4
2.1. Tecnologías de Simulación	4
2.2. Definición de Presencia	7
2.3. Mediciones de Presencia	7

2.4. Patrones de Diseño	9
3. Propuesta de la solución	11
3.1. Integración ambiental de elementos	11
3.2. Movimiento y Navegación Restrictiva Narrativa	14
3.3. Ubicación espacial	15
3.4. Feedback Físico Correlacionado	17
3.5. Secuencia Narrativa de Progreso	19
4. Implementación	21
4.1. Aplicación de Prueba	21
4.1.1. Colectivo 8990	22
4.1.2. Controles y Descripción Técnica	26
4.1.3. Implementación de Patrones	26
4.2. Diseño de Pruebas de Usuario	33
4.2.1. Encuesta de Presencia	34
4.2.2. Encuesta de Aplicación	35
5. Resultados	37
5.1. Resultados Encuestas	38
5.1.1. Encuesta de Presencia	38
5.1.2. Encuesta de Aplicación	43
5.2. Análisis	49
6. Conclusiones	52
Conclusiones	52
6.1. Validación Inmersión	52

6.2. Integración ambiental de elementos	53
6.3. Movimiento y Navegación Restrictiva Narrativa	54
6.4. Patrón 3 - Ubicación espacial	54
6.5. Feedback Físico Correlacionado	55
6.6. Secuencia Narrativa de Progreso	56
6.7. Conclusiones Generales	57
6.8. Trabajo a Futuro	58
Bibliografía	60

Índice de cuadros

5.1. Resumen Pregunta 1 - Encuesta Presencia	38
5.2. Resumen Pregunta 2 - Encuesta Presencia	39
5.3. Resumen Pregunta 3 - Encuesta Presencia	39
5.4. Resumen Pregunta 4 - Encuesta Presencia	40
5.5. Resumen Pregunta 5 - Encuesta Presencia	41
5.6. Resumen Pregunta 6 - Encuesta Presencia	41
5.7. Resumen Pregunta 7 - Encuesta Presencia	42
5.8. Resumen Pregunta 1 - Encuesta Aplicación	43
5.9. Resumen Pregunta 2 - Encuesta Aplicación	44
5.10. Resumen Pregunta 3 - Encuesta Aplicación	45
5.11. Resumen Pregunta 4 - Encuesta Aplicación	46
5.12. Resumen Pregunta 5 - Encuesta Aplicación	47
5.13. Resumen Pregunta 6 - Encuesta Aplicación	48
5.14. Resumen de Tiempos	49

Índice de figuras

2.1. Taxonomía de tecnología existente separado por dispositivos de output e input	6
4.1. 8990 Space - Logo	23
4.2. Instalación 8990 - Fiesta Departamento Octubre 2018	23
4.3. Fabiola Morcillo - Obra: Primera Transformación. Grabado láser sobre mármol negro (30x30 cm)	24
4.4. Fabiola Morcillo - Obra: Somewhere In The Dark	25
4.5. App 8990 - Pantalla Inicial	27
4.6. App 8990 - Sala Intermedia	28
4.7. App 8990 - Sala Grifo	29
4.8. App 8990 - Sala Piscina	30
4.9. App 8990 - Sala Torres	31
4.10. App 8990 - Sala Cuadro	32
4.11. App 8990 - Sala Principal VR	33
4.12. App 8990 - Tunel	34
5.1. Pregunta 1 - Gráficos VR, AR y Total	43

5.2. Pregunta 3 - Gráficos VR, AR y Total 45

5.3. Pregunta 4 - Gráficos VR, AR y Total 46

5.4. Pregunta 6 - Gráficos VR, AR y Total 48

Glosario

- **AR:** Augmented Reality, Realidad Aumentada. Tecnología que permiten que un usuario visualice parte de mundo real a través de un dispositivo tecnológico con información gráfica añadida por éste dispositivo.
- **VR:** Virtual Reality, Realidad Virtual. Entorno o escenario generado virtualmente, que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en él. Generalmente utiliza dispositivos que simulan una o más sentidos.
- **Presencia:** Circunstancia de estar presente o de existir alguien o algo en determinado lugar.
- **Inmersión:** Profundo involucramiento mental en algo. Característica que surge al aumentar la percepción de presencia sobre un ambiente simulado
- **Patrones de Diseño:** Técnicas para resolver problemas comunes en el desarrollo de software y otros ámbitos referentes al diseño de interacción o interfaces.
- **HMD:** Head Mounted Display, dispositivo de realidad virtual que proyecta estereoscópicamente una aplicación vía dos canales.
- **Prueba de Usuario:** Técnica usada en el diseño de interacciones centrado en el usuario para evaluar un producto mediante pruebas con los usuarios mismos. Se enfoca en medir la capacidad de un producto de fabricación humana en cumplir el propósito para el cual fue diseñado
- **Game Design:** Proceso de diseñar el contenido, los antecedentes y las reglas de un juego y de cualquier sistema interactivo recreativo.

- **Simulación:** Intento de modelar situaciones de la vida real por medio de un programa de computadora, lo que requiere ser estudiado para ver cómo es que trabaja el sistema.

Capítulo 1

Introducción

A medida que las tecnologías de virtualización [18] crecen en industrias como los videojuegos, la inmobiliaria y la salud, poco a poco se han abierto un nicho a experiencias más experimentales e incluso a las escenas artísticas alrededor del mundo.

Con el tiempo dando fe de que va a ser una tecnología adquirida por una gran porción de los hogares en el mundo moderno, se siente imperante diseñar y desarrollar experiencias que hagan uso de herramientas que logren incluir al usuario en ella en la mayor capacidad posible.

En esta memoria se propone una solución a la necesidad de buscar herramientas para patrones de diseño en escenarios donde es más importante procurar la inmersión del usuario que la funcionalidad del entorno.

El objetivo específico de este trabajo es validar una serie de patrones de diseño enfocados a proporcionar inmersión al usuario vía restricciones al lenguaje explícito (tanto textual/visual como auditivo), reemplazándolo con herramientas auxiliares como lenguaje de formas, iconografías y espacio, junto con *cues* visuales y auditivos para guiar al usuario y así comunicarle información respecto al entorno donde estos patrones se implementen, maximizando así la inmersión del usuario durante la experiencia.

Para lograr esto, primero se identifican los elementos funcionales y los patrones de diseño

de una interfaz clásica en VR y AR que potencialmente afectan a la presencia, ya sea por interrupción o por obstaculizar la experiencia. Luego en función de los estos elementos se proponen patrones de diseño que suplan el objetivo que estos cumplían y que a la vez primen la sensación de presencia.

Una vez se definen los patrones, se implementa sobre una aplicación de prueba donde poder aplicar los distintos patrones bajo un mismo lenguaje simbólico que hace de hilo conductor entre los distintos escenarios. Usando el lenguaje visual de la artista chilena Fabiola Morcillo y en colaboración con 8990, se genera una transformación interactiva de su obra a un espacio tridimensional que guarde detrás de sí las implementaciones mencionadas.

Para validar los patrones, se realizan pruebas de usuario que evalúen la funcionalidad, la presencia y la experiencia general del usuario. En función de estos resultados se procede a verificar si los patrones propuesto pueden ser, o no, validados.

Finalmente, se concluye respecto a los patrones y su validez, la razón por la cual se logró o no validar y el trabajo futuro que se puede realizar en función de esta base.

1.1. Descripción del Problema

Las experiencias de simulación, cualquiera sea su finalidad, suelen afrontar el desarrollo de sus experiencias en dos frentes: el funcional, donde tal como en cualquier otra experiencia o aplicación, el usuario debe poder entender los controles, los objetivos y las tareas, y a la vez estos mismos deben ser lo más intuitivos posibles; y el presencial, donde a nivel de diseño se debe ofrecer al usuario una experiencia lo más inmersiva posible, dentro de los parámetros y opciones que tenga la aplicación para simular fehacientemente los sentidos humanos y presentar esto en un espacio coherente pero no necesariamente realista.

En un escenario virtual, se define la inmersión [15] como la capacidad de producir presencia, es decir; la sensación de *estar ahí* a nivel de usuario, esto simulando la mayor cantidad de sensaciones humanas y en la mayor capacidad posible. Presencia en términos técnicos es una consecuencia psicológica, perceptiva y cognitiva de la inmersión, y se piensa como la

percepción de existir dentro de un escenario simulado.

Como las experiencias de realidad simulada, tales como la Realidad Aumentada (AR) y la Realidad Virtual (VR), son experiencias solamente al alcance del público que tenga acceso a plataformas y aplicaciones con las capacidades de ejecutarlas, el estudio de sistemas y metodologías para experiencias de este tipo es sumamente reducido, especialmente con respecto al estudio que este documento busca observar; el diseño de experiencias de usuario y patrones de diseño exclusivos para ellas. Y esto además, es especialmente cierto para aplicaciones que buscan un enfoque fuerte en la inmersión, por lo cual tienden a afirmarse de sistemas auxiliares que no tienen este mismo enfoque en mente.

Ejemplos de estos sistemas auxiliares son los textos explícitos, *popups*, menús y asistencia tipo tutorial, que ya son elementos base para las interfaces de usuario modernas y es difícil pensar en un sistema con buena usabilidad sin recurrir a estas herramientas. Desgraciadamente, estos son alguno de los elementos que rompen fácilmente la inmersión si no son implementados íntegramente con la experiencia y sus escenarios.

Al enfrentarse a la etapa de desarrollo de estas experiencias, surge el problema de que no existen patrones de diseños específicos para estos escenarios que requieren ser totalmente absorbentes a las percepciones del usuario, lo que decanta en que se apliquen técnicas y patrones de diseño que indirectamente hacen que se pierda el foco de inmersión en pos de la funcionalidad. Junto con esto, al querer implementar patrones de diseños que provienen de otras plataformas o medios, el desarrollo tiende a afirmarse de sistemas que no suelen calzar con otros elementos de la experiencia; tal como la narrativa, el lenguaje icónico, explícito y espacial, e incluso los mismos sistemas de interacción, todo esto al menos en una primera instancia.

Este estudio busca proponer herramientas para aplicaciones y experiencias que necesiten priorizar la inmersión, enfocado específicamente a ofrecer una alternativa a la usabilidad vía patrones de diseño que sean funcionales y a la vez, procuren no romper la presencia del usuario.

Capítulo 2

Estado del Arte

2.1. Tecnologías de Simulación

El mercado de los controles de simulación se maneja con una enorme gama de herramientas, desde *household* o público general, hasta sistemas completos y encapsulados utilizados en simulaciones de uso militares o astronómicos [18]. Para este estudio solo nos referiremos a la gama básica-media; los controles al alcance de personas regulares y por ende del público más grande de usuarios potenciales.

El estudio *State of the art of virtual reality technology* [7] logra resumir todas las tecnologías actualmente disponibles en el mercado para simular el input y output de los distintos sentidos humanos. Para este trabajo, se analizará el problema utilizando las tecnologías que logren simular la vista y oído, al no tener acceso a otras más avanzadas.

Por parte de los controles de visualización, el estándar está representado por los HMD o *Head Mounted Display*, una pantalla con *display* estereoscópicos que cumple con simular un espacio tridimensional en profundidad con distintos rangos de visión. Las tecnologías más conocidas actualmente son:

- HTC Vive (High-end sistema de simulación para *Desktops*) [2]

- Oculus Rift (Primer HMD distribuido comercialmente para desarrollo de aplicaciones en VR) [4]
- Google Cardboard (Tecnología abierta ofrecida por Google, que hace uso de un *smartphone* y un visor de cartón u otros materiales) [1]

Hoy por hoy además, existe una enorme cantidad de APIs y código abierto que han vuelto más accesible a esta tecnología en distintas plataformas. Esta misma tecnología suele adaptarse bien a las aplicaciones con capacidades de AR, al tener muchas similitudes en los controles de *tracking* [17].

Luego, por parte de los controles de interacción o input para simulación existen estas populares opciones:

- HTC Vive (Tracking 3D de manos) [2]
- Leap (Tracking de manos y articulaciones) [3]
- Gamepad/Teclados/Touch Panel (Si bien no cumple con simular correctamente nada, es el control de IO más clásico y accesible en cuanto a tecnologías actuales)

Solo por mencionar, hay otros tipos de controles de movimiento físico; existen sistemas en etapa de prototipo como Virtuix Omni [6], que permite simular el caminar y correr sobre un escenario virtual, y sistemas con tecnología de respuesta como por ejemplo el Force Feedback, típicamente usado en controles tipo manubrio para juegos de carrera, o simulación vehicular y que emulan una fuerza de resistencia frente al input del usuario.[19]

A continuación, una figura que resume todas las tecnologías de input y output para los distintos sentidos humanos:

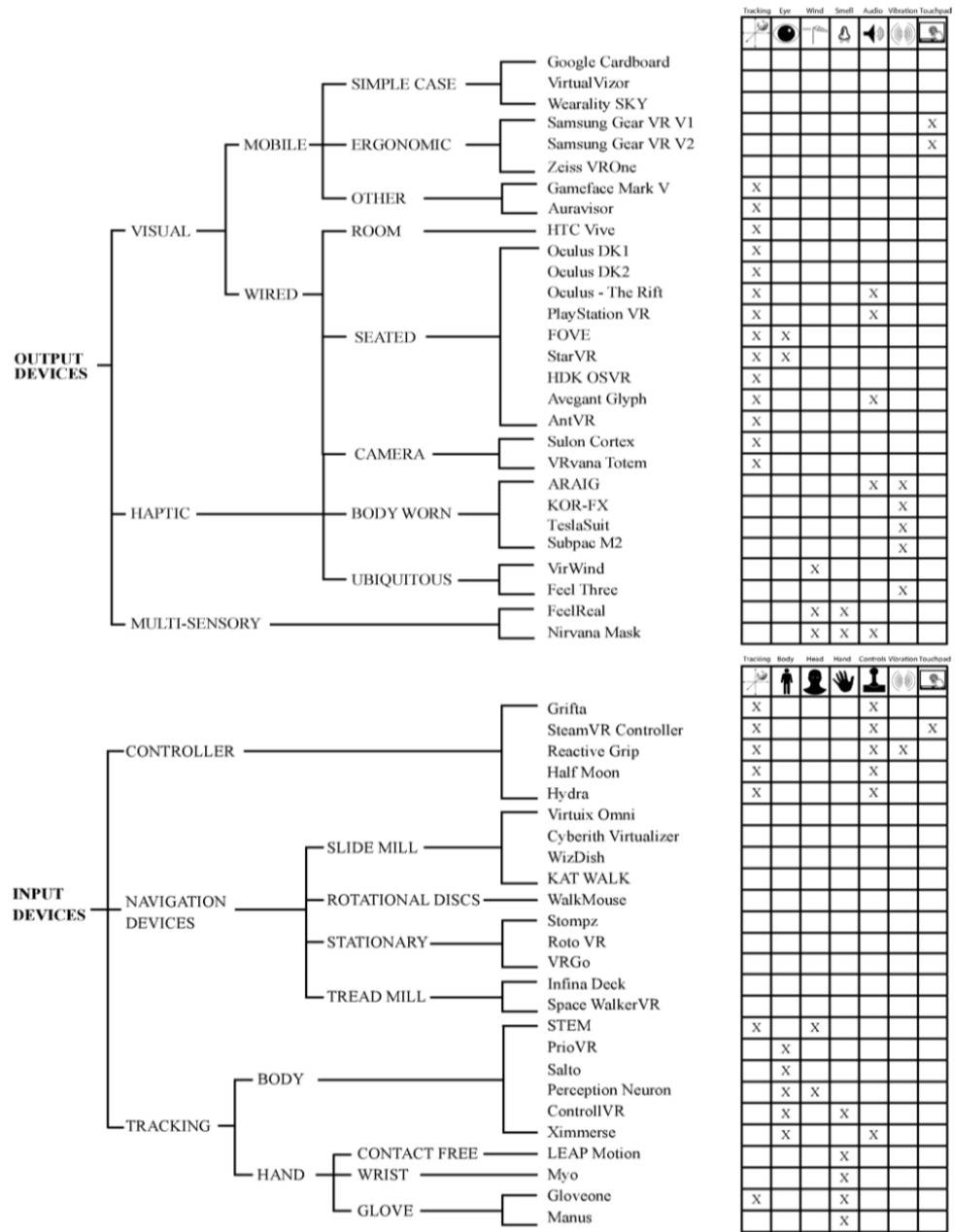


Figura 2.1: Taxonomía de tecnología existente separado por dispositivos de output e input

2.2. Definición de Presencia

En un escenario virtual, se define la inmersión [15] como la capacidad de producir presencia, es decir; la sensación de *estar ahí* a nivel de usuario, esto simulando la mayor cantidad de sensaciones humanas y en la mayor capacidad posible. Presencia en términos técnicos es una consecuencia psicológica, perceptiva y cognitiva de la inmersión, y se piensa como la percepción de existir dentro de un escenario simulado.

Por esto mismo es importante diseñar e implementar escenarios virtuales que se alinean a esta idea de experiencia; [14] detalla metodologías para alcanzar esto a nivel de diseño.

2.3. Mediciones de Presencia

Como comentado en los estudios *From presence to consciousness through virtual reality* [21] y *Affective Interactions Using Virtual Reality: The Link between Presence and Emotions* [20], hay una serie de variables que afectan directamente el sentimiento de presencia de parte del usuario, desde controles, hasta escenario o ambiente, el tipo de simulación que sea, etc. Pero principalmente uno puede construir estratos de inmersión dependiendo de la cantidad de sentidos humanos [22] que se pueda emular fehacientemente por los controles de la aplicación; un sistema de VR logra mejor inmersión del usuario que un sistema de AR, un sistema 3D mejor que uno *stereo* y así con otros sistemas de simulación de sentidos.

Como visto en la Figura 2.1, existen diferentes controles capaces de simular los otros sentidos humanos como el olfato y el tacto. (Se omitirá el gusto entendiendo que esto suele escaparse de los parámetros de una aplicación clásica)

Para poder medir la sensación de presencia, se suele recurrir a las siguientes pruebas: Biométricas, que miden la información entregada por la respuesta corporal del usuario, Encuestas ([10]), que solicitan información subjetiva al usuario respecto a su experiencia y Pruebas de Usuario ([9]), que concluye en función del comportamiento y acciones del usuario durante la experiencia.

La idea principal de las mediciones yace en que el escenario simulado va a facilitar un espacio cerrado de las sensaciones externas en la mayor capacidad posible dependiendo de los controles, el espacio real donde se realice la experiencia y el control que exista sobre las distracciones externas sobre este mismo espacio. Teniendo aislamiento total, y simulación de sensaciones calibradas, uno puede afirmar que el usuario está en condiciones óptimas para estar totalmente inmerso en la experiencia.

Herramientas como las encuestas de Presencia [10] facilitan el entendimiento del evaluador y del mismo usuario en cuanto a su nivel de presencia, entregando resultados cuantificables e incluso cualitativos de la experiencia.

Es importante mencionar además, lo imperante que es la correcta calibración de los controles e instrumentos involucrados en la experiencia virtual antes de poder medir presencia. Pequeños desfases u *offsets* que no se sientan naturales para el usuario decantarán rápidamente en una pérdida de presencia por parte de este. Por esto mismo existen *guidelines* como las expresadas en los estudios de Usabilidad en VR[23], que son requisitos mínimos para poder ofrecer la mayor inmersión posible, donde los controles pasan a ser variables invisibles para el usuario y solo existen a nivel funcional. De esto mismo se extrae el siguiente listado:

Para VR - HMD:

- Libertad de movimiento Horizontal en 360 Grados
- Movimiento limitado en Z e Y (*Depth*)
- 94 grados de FOV *Field of View*
- Control tipo *Gamepad* o Input binario
- Audio con capacidades sonoras tridimensionales

Para AR - Celular *Smartphone*:

- Pantalla *Retina Display* o cercano
- *Tracking Capacity* en planos X, Y y Z

- ARKit Compatible (o similar) (Ej. Google Tango - Pixel - IOS)
- Control tipo *Touch Input* o control externo
- Audio con capacidades sonoras tridimensionales

Además, como mencionado previamente, la capacidad de simular fehacientemente un sentido dependerá de cuan aislada es la tecnología a utilizar y en que capacidad esa simulación se asemeja a la vida real. Esto es especialmente cierto para el sentido más fácil de simular; el auditivo, donde la profundidad del audio en un espacio será clave al minuto de representar correctamente este elemento. Existen *guidelines* para aplicaciones de VR en trabajos como [16] que detalla las metodologías a considerar para la implementación del audio dentro de una experiencia.

2.4. Patrones de Diseño

Para sistemas de Realidad Virtual, la mayoría de los patrones de diseño surgen a partir de aplicaciones como videojuegos o sistemas de simulación que requieren de varios sistemas auxiliares para poder convertir a la experiencia en un sistema totalmente funcional. UI visuales e interfaces tipo menú suelen ser elementos clásicos en estas aplicaciones, donde el usuario debería tener poder y control sobre más de un sistema. El trabajo presentado en [11] detalla una serie de patrones de diseño para este tipo de aplicaciones.

Por otra parte existen sistema de control alternativo para sistemas que no puedan utilizar controles de input directo de usuario, en particular el trabajo [12] presenta alternativas de control vía la mirada del usuario. Esto es una buena alternativa a la falta de recursos o herramientas de simulación.

Por otro lado, los sistemas de Realidad Aumentada se afirman a patrones de diseño que surgen a partir de plataformas móviles, al coexistir con aplicaciones de este tipo. Se diferencian eso sí con patrones exclusivos a su propia tecnología y que detalla las buenas prácticas de visualización, usabilidad y funcionalidades que deberían tener experiencias que utilizan esta

tecnología [13]. Recordar que todos estos patrones no priorizan inmersión, si no que funcionalidad.

Capítulo 3

Propuesta de la solución

Entendiendo los requerimientos estándares que requieren las aplicaciones de virtualización, se propone la siguiente serie de patrones de diseño, que reemplazarán aquellos utilizados funcionalmente, realizando un *tradeoff* en la funcionalidad con el fin de priorizar la presencia del usuario en la experiencia.

A modo de estandarizar la presentación de cada patrón, se explicará el patrón a reemplazar, la razón por la cual se busca reemplazarlo, la restricción que debería tener considerando los escenarios virtuales, seguido por la solución propuesta para VR, y de haber diferencias, la solución propuesta para AR. Finalmente, se detallará el sistema de validación que se aplicará al patrón para verificar su efectividad.

3.1. Integración ambiental de elementos

El objetivo de este patrón es informar al usuario de los elementos con los cuales puede interactuar y cómo estos se diferencian del resto.

Patrón Origen

El patrón de diseño original [11] proveniente del diseño vía *Game Design*,

contempla presentar a los elementos interactivos vía distintos métodos de diferenciación; tal como tamaño, forma, color, animación, *cue* visual o sonoro y/o sistemas auxiliares vía HUD.

Si bien dar todas estas alternativas es sumamente funcional, sistemas como HUD y *cues* visuales suelen recurrir a elementos ajenos al escenario de la experiencia, por lo cual se debe limitar de cierta forma las opciones y restringirlas a una misma línea acorde al diseño y lenguaje del escenario en sí.

Por ejemplo si el escenario virtual sucede en un bosque, los elementos interactivos, como herramientas, no deberían brillar, tener un texto sobre ellos, pulsar vía animación o moverse ya que son elementos inanimados y no poseen esas características en la realidad, por ende rompen la inmersión.

Restricción

Elementos interactivos deben, vía su propia naturaleza, diferenciarse del resto de los objetos del escenario y no deben hacer uso de características que no calcen con su esencia o en su defecto, con el escenario.

Solución VR/AR

La idea será alinear el lenguaje de elementos interactivos según tres líneas y tratar correspondientemente:

Contexto Narrativo

- Elementos deben tener relación con el ambiente de la aplicación, no pueden estar descontextualizados del escenario y deben actuar en relación a la contraparte real más cercana de este elemento. En el caso de no tener

un símil en la realidad, se permite construir la identidad del elemento en función de su comportamiento

- Elementos interactivos deberán buscar llamar la atención del usuario usando *cues*, ya sea vía movimiento, audio, forma o distribución espacial.

Capacidad de Interacción

- Binaria: Input de control estilo switch (on/off)
- Atención: Contacto visual continuo del usuario hacia el elemento

Rango de Alcance

- Diferenciación de Escena (*Foreground* y *Background*)
- Dinámica (Estática/Dinámica)

Sistemas de Validación

Para validar se necesita saber dos cosas del usuario;

- ¿Una vez finalizada la experiencia, este sabe cuáles elementos eran interactivos y cuáles no?
- ¿Como logró diferenciarlos?

Si ambas respuestas apuntan a que entendió como se comportaban los elementos interactivos y logró discernirlos del resto del escenario, podemos decir que el patrón cumplió con el objetivo.

3.2. Movimiento y Navegación Restrictiva Narrativa

El objetivo de este patrón es limitar el movimiento del usuario en el espacio tridimensional, y que este a la vez siga una secuencia lógica al posible recorrido de la escena de manera natural.

Debe ofrecer una herramienta de navegación para el usuario, que calce con el lenguaje de la aplicación y que no irrumpa con la experiencia.

Patrón Origen

Considerando que para lograr movimientos como caminar o correr, se debe recurrir a sistemas muy costosos y difíciles de conseguir, por esto mismo se han implementado sistemas auxiliares en *Game Design* para suplir esto; desde sistemas de tele-transportación del usuario [11], hasta movimiento vía rieles (como lo haría una montaña rusa).

El problema de esto surge en que ofrecer al usuario toda la libertad para recorrer la escena espacialmente suele romper inmersión al realizar movimientos no naturales. Y en su contra parte, controlar totalmente al usuario y sus movimientos hace sentir al usuario como que no tiene albedrío respecto a como este se mueve.

Por ende, el sistema tiene que tomar control de las transiciones y dar al usuario solamente la opción de elegir a donde moverse y así tomar lo mejor de las dos alternativas previamente presentadas

Restricción

Usuario no puede recorrer todo el escenario virtual y las limitantes deben ser consideradas como puntos transitables o una distribución de espacio que el usuario pueda recorrer vía algún tipo de control integrado.

Solución VR/AR

De ser capaz de moverse acorde a la narrativa de la experiencia, este movimiento puede ser:

- Asistido: Elementos dentro de la escena lo mueven.
- Dinámico: El escenario en sí se mueve alrededor o con el mismo usuario.
- Transición: Escena cambia de un ambiente a otro vía alguna transición acorde a la narrativa del escenario.

Sistemas de Validación

Identificar cuanto demora el usuario en entender el sistema de navegación propuesto.

3.3. Ubicación espacial

La motivación es que el usuario debe poder ubicarse en relación al espacio o poder ubicarse dentro de este mismo.

Patrón Origen

Navegación y categorización estilo menús o mapas es la solución clásica que suple entregar esta información. El principal problema de estos elementos es que utilizan mucho espacio visual, es una representación permanente en el campo de visión del usuario, o en su defecto está escondido dentro de un menú que el usuario puede acceder para conocer su posición relativa. Ambos acercamientos atentan contra la inmersión total del usuario al desviar su atención hacia estos subsistemas auxiliares que retira la presencia del usuario en el espacio.

Restricción

No se debe utilizar sistemas auxiliares como menús, vistas dinámicas de posición (como un mini-mapa) o asistencias de estilo HUD.

Solución VR/AR

Para que el usuario tenga conocimiento de la distribución del espacio y su propia ubicación dentro del mundo simulado, se propone trabajar las herramientas en dos frentes:

Arquitectura o *landmarking*

- Puntos de referencia
- Diferenciación de espacios abiertos vs cerrados
- Hitos o eventos naturales transformacionales

Simbología

- Mapas integrados al mundo
- Direcciones estilo señalética
- Lenguaje estilo jeroglífico

Sistemas de Validación

Para validar se necesita saber si el usuario tiene conocimiento de la distribución del escenario, no necesariamente total, pero si dentro de los espacios que transitó.

Una alternativa para esto es verificar si el usuario puede bosquejar el escenario recorrido o indicar como se logró ubicar dentro del espacio tridimensional; si usó o no algún tipo de *landmark* y qué utilizó como punto de referencia.

3.4. Feedback Físico Correlacionado

El objetivo de este patrón es informar al usuario del alcance de sus acciones, la acción que activa al input y que esta, a la vez, tenga directa relación con el movimiento o acción física que el usuario debe realizar.

Patrón Origen

Parte importante para que la persona se sienta inmersa en la experiencia, es una respuesta física a sus acciones al modo de un par acción-reacción como

lo que ofrecen los sistemas de *force feedback* o la simulación de tacto. Al requerir de tecnología avanzada, hay que ofrecer una alternativa cercana a esta sensación, por lo cual se debe buscar mantener la misma motivación de aquellos sistemas, pero con un acercamiento más virtual que táctil.

Restricción

Interacción limitada a alcance virtual (previamente definido por la aplicación), contacto visual (con o sin permanencia) y a input de control, evitando ser explícito con la correlación input-respuesta.

A la vez, los controles deben poder simular las acciones del usuario 1-1 en la mayor medida posible.

Solución VR/AR

Limitar las acciones al hardware y sus posible *inputs*, siempre y cuando estos tengan correlación con la acción a realizar en la aplicación.

En función de esto y el estudio de este documento; utilizar solamente acciones de respuesta binaria (*Toogle, Switch, Buttons, etc*) e interacciones estilo *touch* para AR.

Ej. Si hay un elemento, el tocar de pantalla en AR cumple con la misma acción que el usuario en el mundo real; tocar correlaciona el tacto con la interacción. Por otro lado, el control de VR tendrá que responder a una relación similar a esta.

Sistemas de Validación

Al no explicar los controles, el usuario se tiene que enfrentar a deducir los

controles para iniciar la interacción con la aplicación. Se observará si el usuario logra entender rápidamente los controles en función del hardware utilizado, y para agregar a la validación, se preguntará por tipos de interacciones que utilizó; si utilizó mayoritariamente la interacción permitida, se puede asumir que el usuario está en conocimiento del alcance de sus acciones e interacciones con el sistema.

3.5. Secuencia Narrativa de Progreso

Finalmente, el usuario debe tener conocimiento del progreso en su experiencia, ya sea apuntando hacia el fin de esta o de haber llegado a punto que ya realizó todas las acciones posibles dentro de la escena.

El objetivo es presentar y dar a conocer una serie de acciones que el usuario debe conocer o intuir que de información del progreso hacia el cumplimiento del objetivo final de la experiencia (fin del juego por ejemplo).

Patrón Origen

Progreso e interfaces que reflejen esto generalmente provienen de patrones extraídos de *Game Design*; donde sub-objetivos y su cumplimiento repercuten en una visualización de ese progreso que a la vez represente el avance hacia la tarea asignada del usuario. Generalmente, en la UI o HUD es donde se presentan esta información, ya sea vía una barra de progreso, un aumento numérico, una representación simbólica de esto mismo o derechamente un *prompt* que informe al usuario del progreso una vez cumpla una de las sub-tareas.

Se entiende que esto va en contra de la motivación planteada en este trabajo, por lo cual tiene que existir un elemento integrado a la experiencia que logre informar al usuario de la tarea que esté realizando.

Restricción

No debería presentarse al usuario con barras de progreso, UI o HUD que indique explícitamente el progreso. Solamente se debería utilizar representaciones simbólicas del progreso.

Solución VR/AR

Como el usuario debe estar al tanto de su progreso, poder deducirlo, o saber que poder avanzar en la experiencia, se propone levantar un sub-lenguaje que se utilice a modo de avance

Sistemas de Validación

Esto solo se podrá validar consultando con el usuario qué utilizó de referencia para notar su progreso en la experiencia, que etapas o acciones entendió como un avance y con qué notó el camino o ruta de la aplicación.

Este es el único patrón donde no se restringirá el HUD más allá de exigir que no sea lenguaje dependiente y explícito en cuanto a texto.

Capítulo 4

Implementación

4.1. Aplicación de Prueba

Para poder aplicar correctamente los patrones, se necesita diseñar una experiencia que requiera ser inmersiva en naturaleza. Por esto mismo, se buscó un lenguaje común que permita integrar la implementación de todos los patrones de diseño sobre un mismo escenario.

Esta aplicación se desarrolló y luego portó en dos versiones; una VR a correr en un smartphone sobre un HMD y una AR a correr sobre cualquier dispositivo táctil tipo smartphone.

En función de comentado en el capítulo anterior, se deben considerar las siguientes limitaciones para la aplicación propuesta:

- Como es un sistema AR compatible, las interacción vía manos (*input y hand gestures*) no podrán ser implementadas.

- Libertad de movimiento 360, siguiendo *guidelines* según buenas prácticas ergonómicas para AR y VR.
- No existirán menús, puesto que es poco inmersivo y atenta contra la idea principal del objetivo de medir inmersión y presencia. De llegar a necesitar recurrir a algún tipo de menú, se evaluará la idea de implementar un sistema estilo pantalla táctil al universo simulado.
- Ambientación requiere de estar cercano a ser una simulación. Tanto la ubicación espacial, como las acciones permitidas tienen estar vinculadas directamente con acciones realizables en la vida real.
- Usuario no puede moverse en el universo, solamente puede girar en torno al eje X, de manera circular, más un pequeño offset por sobre y debajo de este mismo eje. Esto debido a limitaciones del hardware.
- Usuario tendrá limitantes en cuanto al alcance de elementos, dependiendo de su posición.
- Instrucciones o tutoriales deben existir fuera de la experiencias. Usuario debe conocer los controles y acciones posibles antes de empezar a la experiencia, esto para reducir consideraciones en el margen de la inmersión del usuario.

4.1.1. Colectivo 8990

Para este proyecto se trabajó en conjunto con "8990", un equipo audiovisual que utiliza el trabajo de la artista nacional Fabiola Morcillo ("1989"),

con el fin de reinterpretar sus obras en un espacio intermedial interactivo y tridimensional.

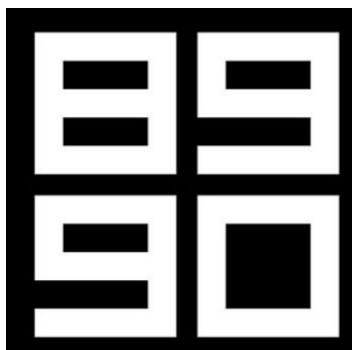


Figura 4.1: 8990 Space - Logo

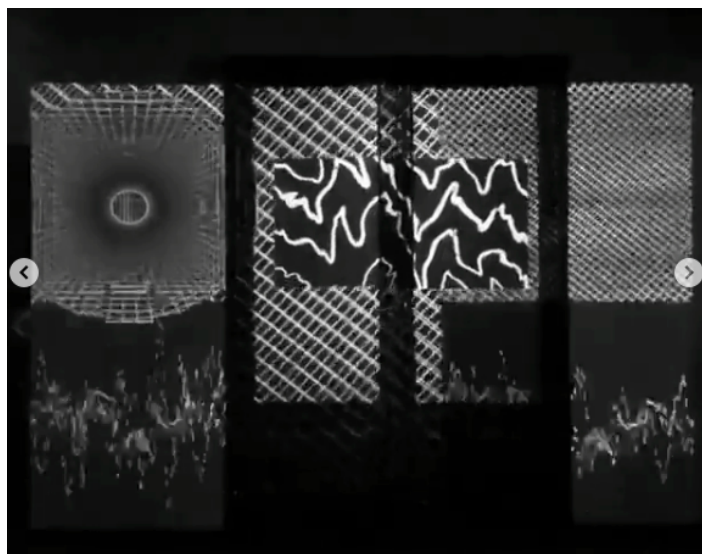


Figura 4.2: Instalación 8990 - Fiesta Departamento Octubre 2018

Con el fin de dar a entender como se traduciría esta propuesta a la aplicación de prueba, se presentará a continuación un resumen de alguna de sus obras para luego detallar el lenguaje simbólico y espacial que la artista utiliza y cual es el código, o lenguaje, cinético-espacial que se buscará alcanzar.

Como se puede observar, el trabajo de Fabiola utiliza tres fuertes aristas en sus obras; el **espacio** y su simetría, las **formas geométricas** y su **quiebre**

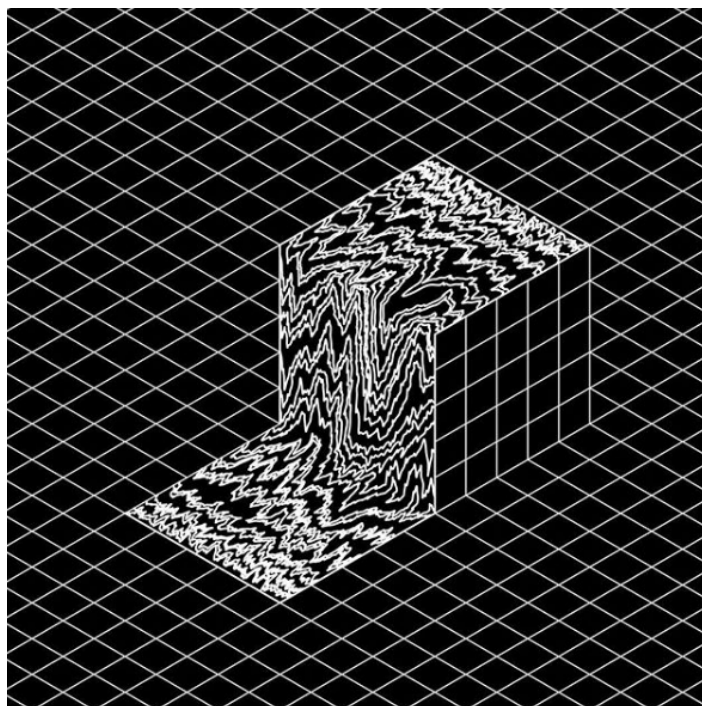


Figura 4.3: Fabiola Morcillo - Obra: Primera Transformación. Grabado láser sobre mármol negro (30x30 cm)

vía colores y figuras. Esto mismo permite diseñar y modificar los patrones alrededor de estos elementos, lo que a la vez otorga un lenguaje fácil de reinterpretar al minuto de verificar las propuestas del capítulo 3.

- **Espacio:** La textura de grillas cuadriculadas es uno de los elementos más característicos del trabajo de Fabiola; puede ser utilizado como fondo, puede ser volúmenes, puede ser el centro focal, etc. En la versatilidad del material hay una fuerte tendencia a la perspectiva que permite combinar adecuadamente con el negro que existe como espacio nulo de la mayoría de sus obras. En favor de esto, se puede identificar estos elementos como los característicos del espacio; no elementos interactivos, si no que marcos del espacio a definir.

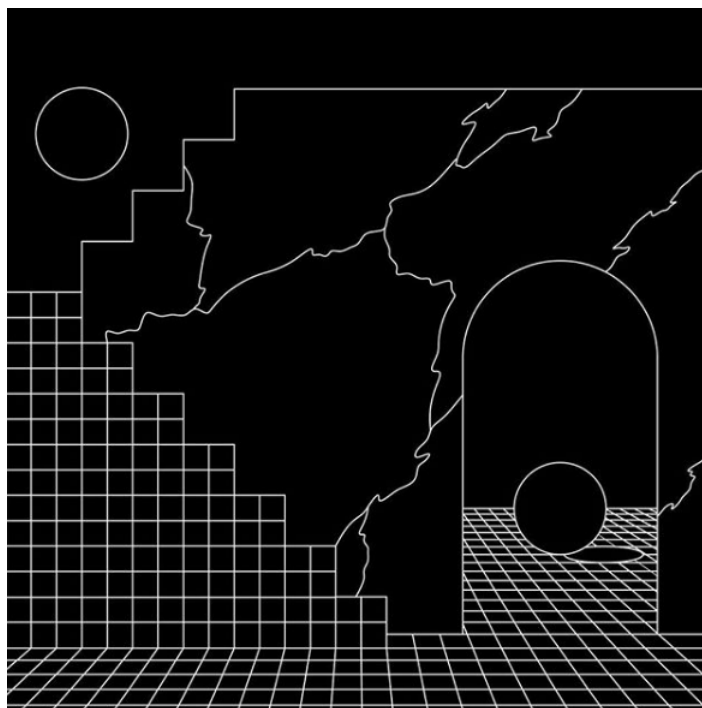


Figura 4.4: Fabiola Morcillo - Obra: Somewhere In The Dark

- **Formas:** Por otro lado, el trabajo de figuras y estructuras son los principales protagonistas de su trabajo, que a ratos es compartido por ilustraciones de líneas que se hayan centrales en sus distintas obras. Esto permite definir a ambos tipos de elementos en función de la naturaleza llamativa que adoptan en las obras; transformando esto en el código para los elementos interactivos.
- **Quiebres:** A nivel de color o de texturas, las obras tienen elementos destacados por la diferencia de la composición en relación a estos elementos. Estos mismo elementos no suelen ser los protagonistas de la obra, por lo cual se pueden utilizar para llamar la atención o destacar algún elemento, sin la necesidad de volverlo interactivo.

4.1.2. Controles y Descripción Técnica

Como mencionado previamente, la aplicación de prueba se implementará bajo una versión de Realidad Aumentada dentro un dispositivo móvil con capacidades táctiles y giroscopio + acelerómetro y también vía una versión de Realidad Virtual que utilizará el mismo dispositivo, insertado sobre un HMD y vinculado con un botón, que junto con el punto central de visión, reemplazará el input touch de su versión AR.

La aplicación se construyó sobre el programa Unreal Engine 4.12.2 [5]. y se portó para dos dispositivos iOS, uno para cada versión.

Para el sistema de AR, el input del usuario sería táctil sobre la escena y los elementos, además de visión periférica haciendo uso del giroscopio y del acelerómetro del dispositivo móvil para rotar en 360 grados e inclinar verticalmente el visor pero con un rango menor de visión, cómodo para el usuario según el criterio de [23].

Para la versión VR, el input será la combinación del botón junto con el punto central de visión y la biblioteca GoogleVR [18] que habilita a un dispositivo para ser utilizado y controlado vía HMD.

4.1.3. Implementación de Patrones

Para la implementación de los patrones en sí, se levantó un escenario tridimensional que utilizara el mismo código visual de las obras de Fabiola, para luego repartir la implementación de cada patrón en un subentorno aislado en

la forma de cuartos o piezas.

Dentro del recorrido de estos cuartos, se implementarían los distintos patrones, considerando como estos convergerían con el lenguaje del trabajo artístico base. A continuación, se presentarán una serie de capturas de la aplicación y se detallará en que forma se implementaron los patrones de diseño.

Se define a priori que todos los elementos circulares corresponderán a elementos interactivos (en distinta capacidad) y toda la iconografía solo cumplirá con una función decorativa. El punto de salida, será un círculo en el cielo de la escena, solo visible desde las salas con puntos interactivables, esto en relación al patrón 3.1.



Figura 4.5: App 8990 - Pantalla Inicial

Realidad Aumentada

La experiencia en AR inicia con una pantalla de una iconografía formada por la combinación de una figura de un grifo y una esfera, esto llama a que el usuario se familiarice de entrada con las figuras y el lenguaje de la experiencia 4.5.

Solo una vez toque esta figura es que la experiencia comienza realmente, poniendo al usuario dentro de la sala central. Para este punto el usuario tendrá claro que los controles son input táctiles y rotación sobre su propio eje según las consideraciones técnicas descritas en la sección anterior, haciendo referencia al patrón 3.4.

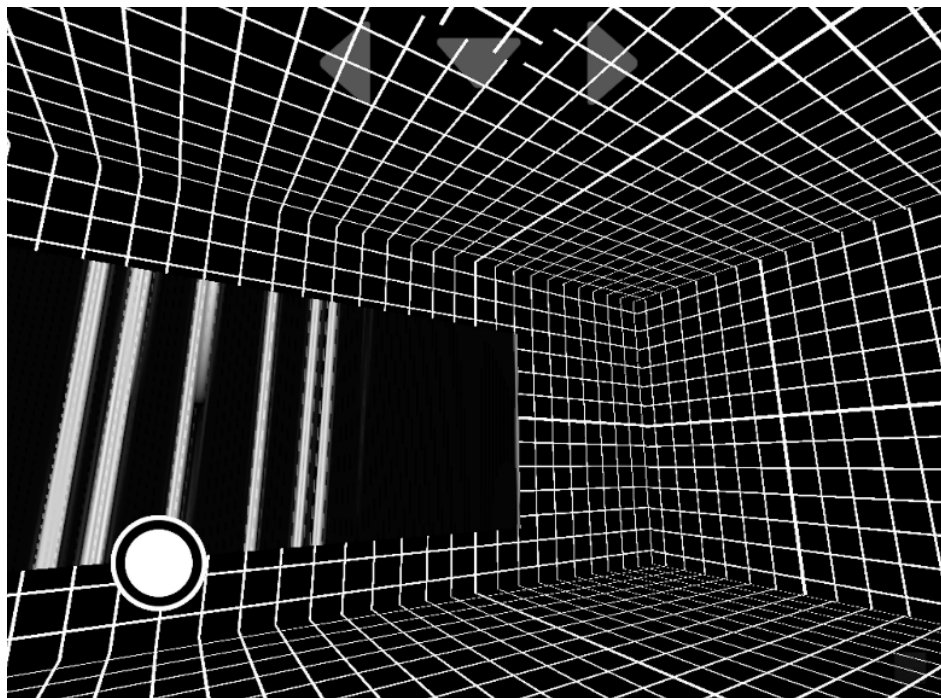


Figura 4.6: App 8990 - Sala Intermedia

Dentro de la sala intermedia hay 4 murallas, cada una lleva a un cuarto distinto. En este cuadro la idea es presentar al usuario con el sistema auxiliar

de navegación, representado por los círculos con borde. Interactuar con ellos permite al usuario transitar hacia un nuevo cuarto directamente frente a cada uno, los cuales desaparecen en medio de la transición. A su vez, este sistema cumple con la validación de los patrones Ubicación Espacial (3.3) y Movimiento y Navegación Restictiva Narrativa(3.2), declarando claramente el sistema de movimiento y controles.

Los siguientes tres cuartos contienen un elemento interactivo circular, donde el interactuar con este una vez, hará que se cumpla con uno de los tres criterios de progresos detallados antes de empezar la experiencia. Una vez los tres elementos son activados, se habilita el último punto para completar la experiencia. Cada interacción activa a la vez un elemento de UI simbólico, que al completarse apunta hacia el punto de salida, esto en referencia al patrón Secuencia Narrativa de Progreso 3.5

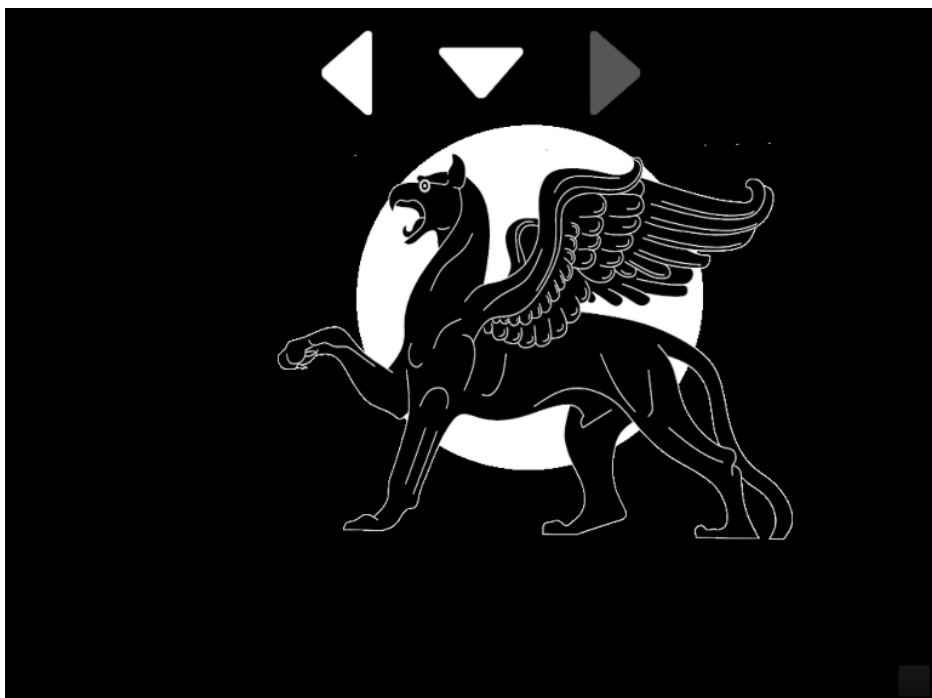


Figura 4.7: App 8990 - Sala Grifo

Sala ubicada a la izquierda de la sala central, solo tiene una manera de entrar y salir. En ella existe una imagen de un grifo por encima de un círculo; al interactuar con este, el grifo gira y se detiene apuntando su cabeza hacia el punto de la salida de la experiencia y marcando un avance en el HUD. No hay nada más interactivo en la escena y solo existen íconos sobre un fondo negro.

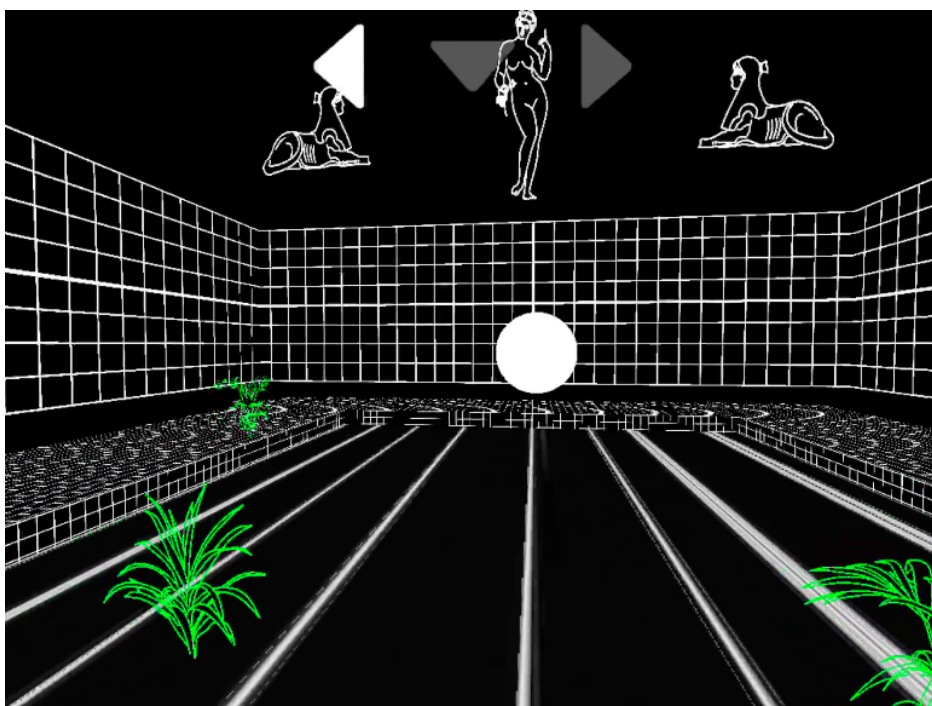


Figura 4.8: App 8990 - Sala Piscina

Sala ubicada a la derecha de la sala central. Solo tiene una manera de entrar y salir. En ella existe una piscina sobre la cual flota un círculo interactivo, que al tocar se hunde dentro de la piscina, crece y luego vuelve a aparecer para subir a la altura donde el usuario puede ver la salida en la esquina de su visión. Solo se puede interactuar con este elemento una vez y activa uno de los íconos de progreso en el HUD.

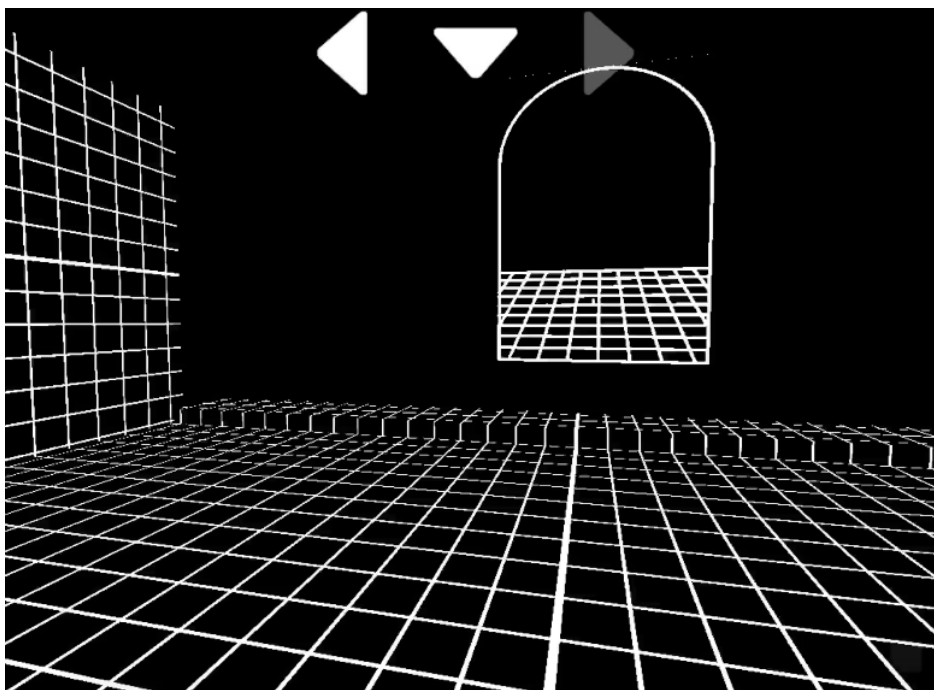


Figura 4.9: App 8990 - Sala Torres

Sala ubicada a la detrás de la sala central, solo tiene una manera de entrar y una de salir. En ella hay dos torres grandes que apuntan hacia el cielo y en el medio de ambas, un círculo que al activarse baja las torres y levanta una ilustración a la altura del círculo. Solo se puede interactuar con este elemento una vez y activa una de los íconos de progreso en el HUD.

Solo una vez se activen los tres elementos interactivos de las salas anteriores, se procede a activar el final de la experiencia en el círculo sobre la escena de las torres. Como previamente mencionado, este se puede ver desde cualquier cuarto abierto con elementos interactivos y al activarlo mueve al usuario hacia él, difuminando hacia negro y terminando la experiencia. De otro modo, la interacción responde con un sonido de error, siendo este el único elemento en la experiencia que se puede volver a activar.

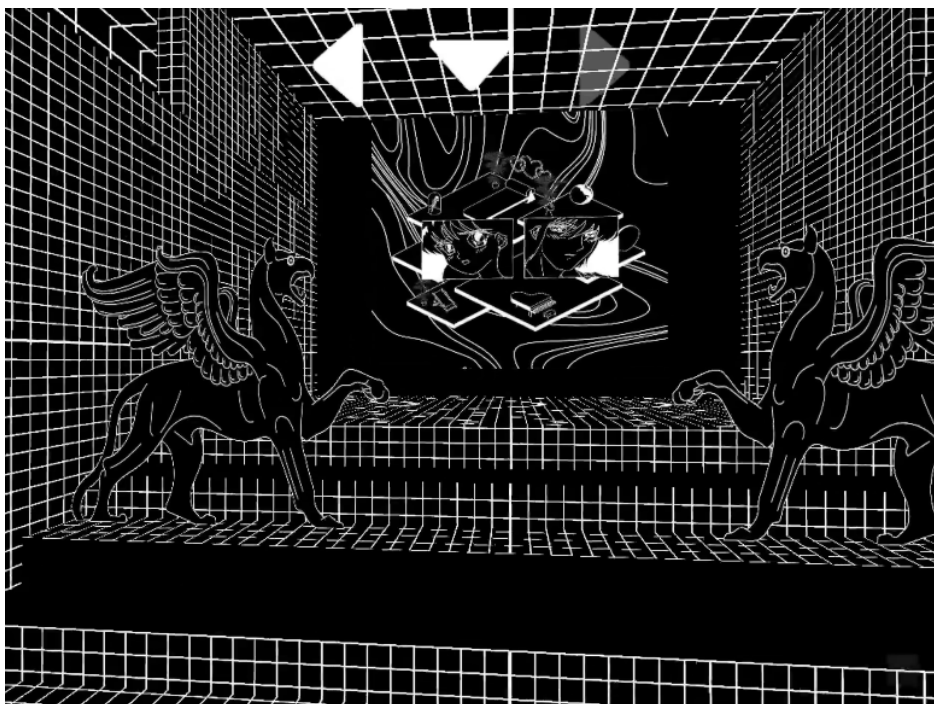


Figura 4.10: App 8990 - Sala Cuadro

Sala ubicada al norte de la sala central, solo tiene una manera de entrar y una de salir. El cuarto del cuadro (Figura 4.10) es un espacio cerrado que cumple con hacer de distracción; no existen elementos interactivables dentro de este cuarto, pero sí elementos de la escenografía que se repiten de otros cuartos (por ejemplo, la imagen del grifo), pero al no existir algún elemento circular, no hay nada con lo que interactuar.

La intención de este cuarto es verificar el entendimiento del usuario respecto a los elementos interactivables, verificar si intenta interactuar con elementos no presentados antes y no asociados al código de formas y agregar una última escena a la experiencia (formando así una forma de cruz entre todos los cuartos).

Realidad Virtual

La versión VR de la implementación es exactamente la misma que su contraparte, pero no pasa por una pantalla inicial, si no que inicia la experiencia en la sala central directamente.

Cabe recordar que el usuario VR tiene un mapeo de cabeza 1-1 gracias al HMD y al sistema de tracking. El input touch es reemplazado por un control tipo botón, que activa la acción de interacción frente al centro del display.

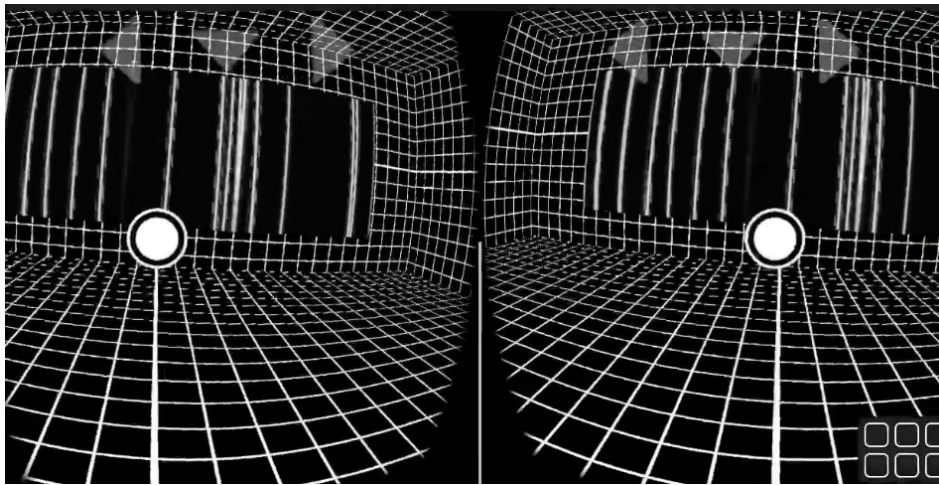


Figura 4.11: App 8990 - Sala Principal VR

4.2. Diseño de Pruebas de Usuario

Para poder medir la presencia y la inmersión del usuario, se requirió información respecto a la experiencia del usuario con la aplicación. Por esto mismo se realizarán varias pruebas de usuario, donde luego de la experiencia se les solicita realizar una encuesta.

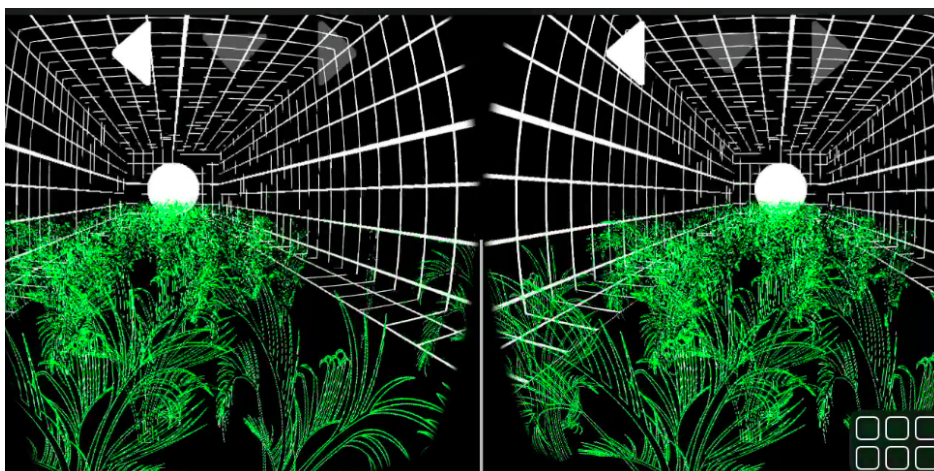


Figura 4.12: App 8990 - Tunel

Junto con esto se toma una serie de otros datos, tales como el tiempo utilizado para completar la experiencia, sobre qué versión realizó la prueba, y se grabará la experiencia para concluir cosas que la encuesta no logre cubrir.

Es importante mencionar que previo a correr las pruebas de usuario, a cada persona se le explicaban los controles y se les entregaba la tarea de interactuar con 3 elementos para poder habilitar el fin del juego, esto haciendo referencia a las 3 salas interactivas y el punto de salida.

4.2.1. Encuesta de Presencia

Utilizando de base la encuesta propuesta en el paper [8], se solicita al usuario que mida su presencia bajo distintos criterios, en una escala del 1 al 7 (Ver Anexos para cuestionario.)

El fin de esto es validar que la experiencia logra ser inmersiva a pesar de no corresponder a una simulación, y en qué medida se siente presente el usuario

dentro de la virtualización. Se requiere que esta encuesta arroje resultados positivos en cuán presente está el usuario, para así poder validar los patrones bajo este marco, donde se declara a la aplicación como inmersiva.

4.2.2. Encuesta de Aplicación

Para poder validar los patrones, la segunda parte de la encuesta incluye preguntar que apuntan directamente a validar los patrones y su implementación dentro de la aplicación.

Las preguntas en orden son:

- ¿Cuántos elementos interactivos distintos lograste diferenciar? ¿Cuales? (Validación Patrón Integración Ambiental de Elementos)
- ¿Qué elementos no interactivables te acuerdas de haber intentado presionar? ¿Por qué? (Validación Patrón Integración Ambiental de Elementos)
- ¿Qué movimientos o interacciones se permitían hacer? ¿Intentaste algún otro? (Validación Patrón Feedback Físico Correlacionado)
- ¿Cómo notaste tu progreso en la experiencia? (Validación Patrón Secuencia Narrativa de Progreso)
- ¿Qué utilizaste para orientarte? ¿Dirías que tuviste un punto de referencia? (Validación Patrón Ubicación Espacial)
- Dibuja un mapa de la experiencia. Utiliza cajas para las salas y líneas para los caminos. Marca con una X el punto de partida y con un * el

punto de salida, si es que lo encontraste. (Validación Patrón Ubicación Espacial)

También se incluye un espacio para entregar *feedback* de la experiencia, junto con un resumen del origen del estudio y la finalidad de la prueba.

Capítulo 5

Resultados

Para validar los patrones propuestos, se realizaron pruebas de usuario con 37 alumnos de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede San Joaquín, todos de la carrera de Ingeniería Civil Informática, con edades fluctuando entre los 21-24 años con conocimiento medio-alto de la tecnología a utilizar.

De estos, 16 realizaron la prueba de usuario con la versión VR de la implementación y 21 con la versión AR, y a ambos grupos se les entregaron las siguientes instrucciones:

- La aplicación tiene libertad de movimiento rotacional sobre un eje para visualizar el espacio.
- En AR, la rotación Z está limitada a la mitad de este rango en el eje Z.
- Deben interactuar con tres elementos para que se abra/habilite el final de la experiencia.
- A los usuarios de VR se explicó cuales serían sus controles, a los de AR

no.

- Tienen 7 minutos para completar la experiencia.
- Al final de la experiencia se pedirá que dibujen la distribución del espacio virtual (esto para validar el patrón 3.4).

Una vez se procesaron las todas las encuestas, se resumieron los resultados según la siguiente rúbrica:

5.1. Resultados Encuestas

5.1.1. Encuesta de Presencia

Pregunta 1 - ¿Mientras estabas en la experiencia, cuán atento estabas a lo que sucedía fuera de la experiencia, esto siendo sonidos o movimientos? (1 corresponde a nada y 7 a totalmente

-	VR	AR	Total
Promedio	2.6	2.4	2.5
Mediana	2.0	2.0	2.0
Distribución Estándar	1.8	1.4	1.6

Cuadro 5.1: Resumen Pregunta 1 - Encuesta Presencia

Se puede afirmar que los usuarios no estaban totalmente inmersos en la experiencia, pero sí mayoritariamente. Esto sucede por que las tecnologías que se ocuparon no cumplen con simular todos los sentidos, y los que sí simula; no lo hace de forma aislada.

De esto mismo, se puede extraer que los usuarios de VR y de AR, percibían la experiencia de forma muy parecida

Pregunta 2 - ¿Sentiste náuseas o mareo por culpa de la experiencia, cuánto? (1 corresponde a nada y 7 a totalmente)

-	VR	AR	Total
Promedio	1.6	1.5	1.5
Mediana	1.0	1.0	1.0
Distribución Estándar	1.2	1.1	1.1

Cuadro 5.2: Resumen Pregunta 2 - Encuesta Presencia

Esta pregunta cumple solo con detallar si se cumple con los requerimientos técnicos y de diseño para facilitar la sensación de presencia dentro de un sistema que puede [12] causar mareos si se hacen movimientos bruscos o hay mucho movimiento entre los elementos presentados en la experiencia.

Pregunta 3 - ¿Cuán presente o inmerso dirías que te sentiste en la experiencia? (1 corresponde a nada y 7 a totalmente)

-	VR	AR	Total
Promedio	6.1	5.4	5.7
Mediana	6.0	6.0	6.0
Distribución Estándar	0.7	1.0	0.9

Cuadro 5.3: Resumen Pregunta 3 - Encuesta Presencia

La subjetividad del usuario corresponde a un enorme factor para poder medir presencia, por lo cual es importante que este valor este en directa relación

con el hecho de que el usuario esté o no inmerso en la experiencia. Podemos notar que los usuarios de la experiencia VR se declararon más presentes que los usuarios de AR, pero ambos aún así se sentían mayoritariamente presente dentro de la experiencia.

Pregunta 4 - ¿Recordando la experiencia, se sentía como algo que veías o como un lugar que visitabas? (1 corresponde a ver imágenes y 7 a visitar un lugar)

-	VR	AR	Total
Promedio	5.6	5.3	5.4
Mediana	6.0	5.0	5.0
Distribución Estándar	1.7	1.2	1.5

Cuadro 5.4: Resumen Pregunta 4 - Encuesta Presencia

Muy parecido a los resultados de la experiencia anterior, los usuarios declararon que mayoritariamente se sentían como un observador incluido en el escenario que como un agente viendo el mundo virtual a través de un lente o ventana.

Pregunta 5 - Piensa en algo que hayas hecho hoy (aparte de la experiencia) ¿Con cuanto detalle lo recuerdas? (Otorga un punto por cada una de estas cosas que puedas recordar en su totalidad; color, lugar, sonidos, participantes, recordable en stereo/panorámico, distancias, hora del día)

Estos datos se usarán en comparación a los resultados de la siguiente pregunta.

-	VR	AR	Total
Promedio	5.4	5.2	5.3
Mediana	5.0	5.0	5.0
Distribución Estándar	1.0	1.1	1.1

Cuadro 5.5: Resumen Pregunta 5 - Encuesta Presencia

Pregunta 6 - Pensando en la experiencia ¿Con cuanto detalle lo recuerdas? (Otorga un punto por cada una de estas cosas que creas que especifica; colores, espacios, sonidos, elementos, distribución de elementos, tamaños, tiempo en la experiencia)

Uso comparativo con la pregunta anterior

-	VR	AR	Total
Promedio	6.1	5.3	5.6
Mediana	6.0	6.0	6.0
Distribución Estándar	0.7	1.2	1.1

Cuadro 5.6: Resumen Pregunta 6 - Encuesta Presencia

Los resultados implican que los usuarios tienen recuerdos vívidos de la experiencia, incluso en mayor capacidad que un recuerdo de algo en su vida real. A la vez, los usuarios de VR declaran recordar la experiencia en mayor capacidad que su contra parte.

Pregunta 7 - ¿Durante tu experiencia, sentías más tu presencia en el mundo virtual o en el mundo real? (1 corresponde a sentir el mundo virtual y 7 a sentir el mundo real)

Finalmente, y en relación a la preguntas 5.3 y 5.4, estos resultados hacen alusión a una re-evaluación del sentimiento de presencia dentro de la aplicación,

-	VR	AR	Total
Promedio	3.0	3.7	3.4
Mediana	2.5	3.0	3.0
Distribución Estándar	1.8	1.5	1.7

Cuadro 5.7: Resumen Pregunta 7 - Encuesta Presencia

midiendo esto con la sensación de presencia en la vida real. Por esto mismo, ubican estas sensaciones ligeramente inclinado hacia el mundo virtual, pero lejos de lo declarado en las preguntas anteriores.

5.1.2. Encuesta de Aplicación

Pregunta 1 - ¿Cuántos elementos interactivos distintos lograste diferenciar? ¿Cuáles?

Objetivo: Identificó correctamente los elementos interactivables.

-	VR	AR	Total
Correcto	10	12	22
Medio Correcto	6	6	12
Incorrecto	0	3	3

Cuadro 5.8: Resumen Pregunta 1 - Encuesta Aplicación

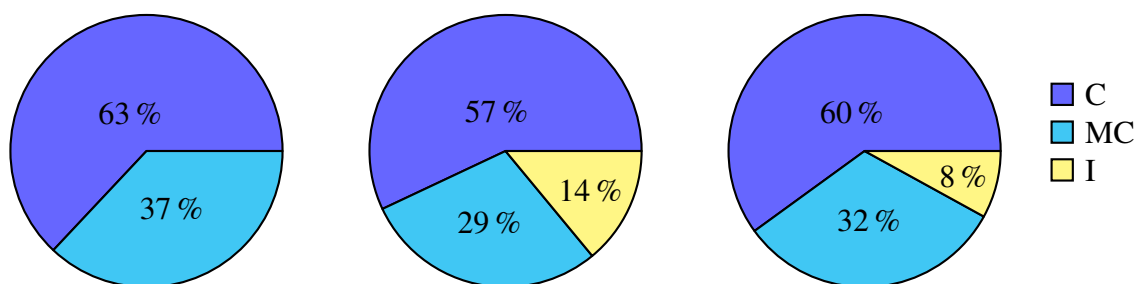


Figura 5.1: Pregunta 1 - Gráficos VR, AR y Total

Observación: Los resultados Medio Correctos hacen referencia a los usuarios que identificaron correctamente los elementos interactivos, pero además declararon uno extra; la figura del grifo, ya que esta se ubicaba frente a un círculo.

Pregunta 2 - ¿Qué elementos no interactivos te acuerdas de haber intentado presionar? ¿Por qué?

Objetivo: Identificar si se intentó interactuar con más que los elementos circulares

-	VR	AR	Total
1 o más	16	21	37
No interactuó	0	0	0

Cuadro 5.9: Resumen Pregunta 2 - Encuesta Aplicación

Pregunta 3 - ¿Qué movimientos o interacciones se te permitían hacer? ¿Intentaste algún otro?

Objetivo: Identificar si se intentó usar más que las interacciones permitidas

-	VR	AR	Total
Sí	4	6	10
No	12	15	27

Cuadro 5.10: Resumen Pregunta 3 - Encuesta Aplicación

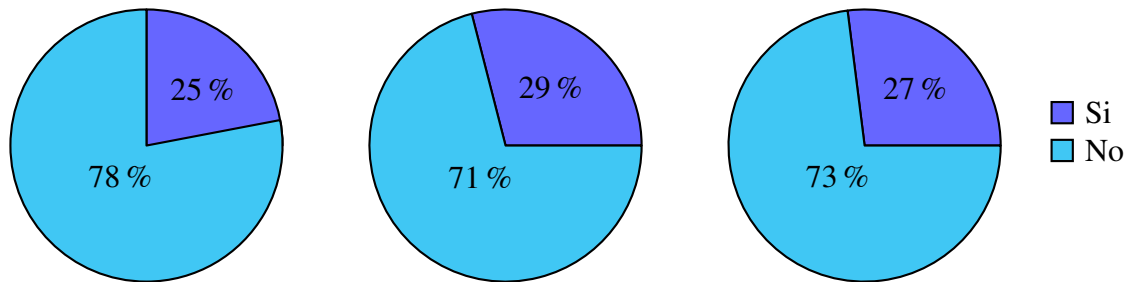


Figura 5.2: Pregunta 3 - Gráficos VR, AR y Total

Observación: Los usuarios que declararon que intentaron realizar otros gestos o movimientos en AR fueron gestos tipo *Pinch*, *Swipe* o *Panning*. Por otro lado, los usuarios de VR que declararon otro movimiento eran aquellos que trataban de caminar dentro de la experiencia.

Pregunta 4 - ¿Cómo notaste tu progreso en la experiencia?

Objetivo: Identificar correctamente el progreso vía UI

-	VR	AR	Total
Correcto	3	10	13
Incorrecto	5	3	9
Mal Contestado	8	8	18

Cuadro 5.11: Resumen Pregunta 4 - Encuesta Aplicación

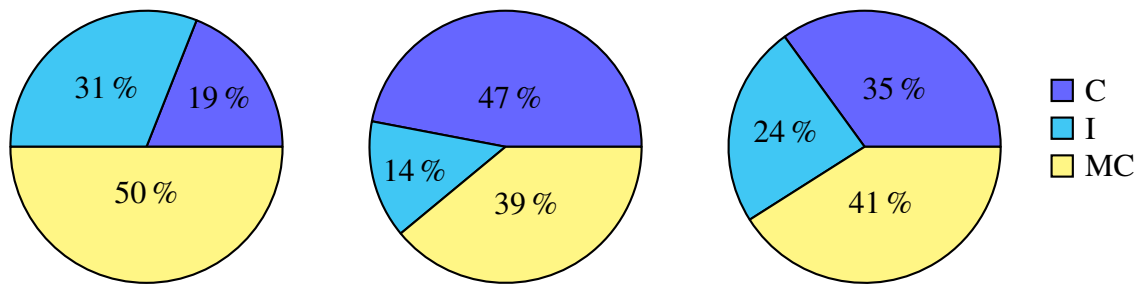


Figura 5.3: Pregunta 4 - Gráficos VR, AR y Total

Observación: Casi la mitad de los usuarios contestaron esta pregunta haciendo alusión al acto cognitivo de entender la aplicación. Una pregunta más clara y apuntada hacia el objetivo hubiera evitado esto.

Pregunta 5 - ¿Qué utilizaste para orientarte? ¿Dirías que tuviste un punto de referencia?

Identificar el objeto "Sol", predispuesto en la experiencia, como landmark de referencia espacial.

-	VR	AR	Total
Si	0	0	0
No	16	21	37

Cuadro 5.12: Resumen Pregunta 5 - Encuesta Aplicación

Observación: Todos los usuarios marcaban que utilizaban la sala central como elemento de guía o punto de referencia.

Pregunta 6 - Dibuja un mapa de la experiencia. Utiliza cajas para las salas y líneas para los caminos. Marca con una X el punto de partida y con un * el punto de salida, si es que lo encuentraste.

Objetivo: Dibujar correctamente la distribución del escenario de la experiencia

-	VR	AR	Total
Correcto	16	16	32
Incorrecto	0	5	5

Cuadro 5.13: Resumen Pregunta 6 - Encuesta Aplicación

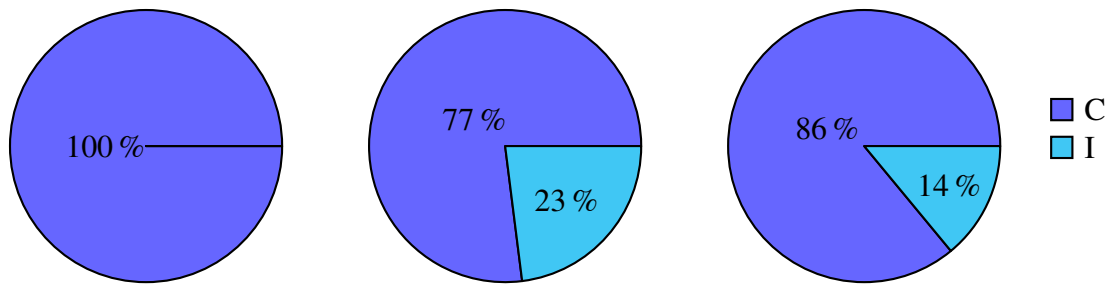


Figura 5.4: Pregunta 6 - Gráficos VR, AR y Total

Observación: Hubo pequeños errores en el dibujo de 6 personas (3 por versión), la mayoría correspondiente a la marca del punto de partida. Aquellos usuarios que no completaron la experiencia omitían el punto de salida.

5.2. Análisis

Junto con las encuestas, se realizaron grabaciones de una muestra de pruebas de usuarios, capturando el display y las acciones de los usuarios, para luego ser analizadas y de esto obtener un aproximado del comportamiento de los usuarios en la experiencia y su comportamiento a cada una de las interacciones.

Respecto a los tiempos de finalización de la experiencia y cantidad de usuarios que lograron completarla antes de los 7 minutos otorgados, se obtuvieron los siguientes resultados:

-	VR	AR	Total
Tiempo Promedio	284 s	284 s	284 s
Completó	10	17	27
No Completó	6	4	10

Cuadro 5.14: Resumen de Tiempos

Cabe notar que ambos grupos de usuarios completaron la experiencia en la misma cantidad de tiempo, pero aquel grupo que realizó la prueba sobre la implementación VR no fue tan efectivo como su contraparte en completar la experiencia.

Respecto a las notas realizadas sobre las grabaciones de las pruebas, se observó lo siguiente:

Observaciones AR

Navegación

- La gente no recorre la primera sala tan minuciosamente como otras.
- Varios notan el sol, pero no logran interactuar aparentemente.
- Revisitan espacios que no quedaron claros, logran notar el progreso al DEJAR LA SALA.
- Suelen interactuar en orden, no repiten salas hasta el final.

Controles

- Según feedback de usuarios, controles se sienten incómodos al no girar igualmente de igual forma según la inclinación del dispositivo (4 comentarios).
- Varios realizaron la prueba con el sonido bajo y comentaron que eso no facilitó la experiencia y la comunicación aplicación-usuario (3 comentarios).

Observaciones VR

Navegación

- En lugares más cerrados, miran más minuciosamente.
- Mirar hacia arriba no es una acción tan intuitiva.
- Recorren más veces los escenarios que AR.

Controles

- Al tener que probar si está bien puesto el HMD, tienen tiempo para interiorizarse con la escena, logran rápidamente entrar a interactuar.
- Los controles parecen ser un problema, al no captar bien el input.
- Según feedback de usuarios, rayo de interacción es poco visible, consideraban incómodos los controles por lo mismo. (3 comentarios)

Capítulo 6

Conclusiones

Por todo lo presentado en este trabajo, surgen distintas conclusiones respecto a los resultados obtenidos, en relación a los diversos objetivos presentados.

6.1. Validación Inmersión

Para poder afirmar que los patrones fueron bien implementados, es importante saber si la experiencia cumple con ser inmersiva para los usuarios entrevistados. Utilizando una encuesta que medía los niveles subjetivos de presencia según el usuario.

Se puede decir que se cumple con los requisitos mínimos para poder declarar que la experiencia es inmersiva y que el usuario, sin importar la plataforma, se siente presente dentro del escenario virtual. De no tener esto cubierto, el resto de las validaciones automáticamente se volverían triviales, ya que el objetivo principal del trabajo era ofrecer inmersión al usuario a través de la

experiencia.

Con el fin de preservar el orden, se concluirá respecto a la validación, o no, de los patrones presentados en el Capítulo 3, según los resultados obtenidos en el capítulo anterior.

6.2. Integración ambiental de elementos

El objetivo de este patrón era verificar si el usuario era capaz de identificar los elementos de la experiencia eran interactivos y cómo estos se diferenciaban del resto. Para esto, se utilizó la Pregunta 1 (Cuadro 5.8), donde se le pedía al usuario declarar cuáles eran los elementos interactivos que este logró identificar y los enumerase.

Cabe mencionar además, que vía el cuadro 5.9, todos los usuarios intentaban interactuar con varios elementos que resaltaban de los distintos escenarios, donde la mayoría eran objetos que resaltaban en contraste al resto del escenario. Al no poseer respuesta de input, los usuarios no confundían estos elementos con los interactivos, por lo cual los resultados se utilizaron para verificar que aún con elementos confusos, el usuario lograba comprender que elementos eran o no interactivos. El usuario siempre intentará interactuar con los objetos que resalten en la experiencia, tal como se mencionó en [11].

Los resultados prueban que la mayoría de los usuarios identificaron total o parcialmente los elementos interactivos, por lo cual este patrón se **valida**.

6.3. Movimiento y Navegación Restrictiva Narrativa

El objetivo de este patrón giraba en torno a limitar los movimientos del usuario, pero presentar opciones para que este pueda recorrer el escenario virtual, cuando no se puede simular el movimiento físico del usuario debido a falta de instrumentos o plataformas. Para el particular de la implementación de este patrón, se utilizó un sistema cardinal con puntos de interacción para que el usuario transite de un cuarto a otro vía una interpolación lineal en la dirección que el usuario haya seleccionado (dentro de sus opciones).

Para validar esto, se observó una muestra de las grabaciones de recorrido de los usuarios y se observó que ningún usuario tuvo dificultades en el uso del sistema auxiliar, ni comentó respecto a las limitaciones que forzaba este mismo. En función de esto el usuario entiende las limitaciones de opciones de movimiento y adapta su experiencia a base de estas alternativas.

Los resultados prueban que la mayoría de los usuarios utilizaron correctamente el sistema auxiliar, entendiéndolo rápidamente y sin comentar respecto a sus limitaciones, por los cuales este patrón se **valida**.

6.4. Patrón 3 - Ubicación espacial

El objetivo de este patrón era verificar que el usuario podría ubicarse dentro del espacio virtual a todo momento, utilizando *landmarks* que fueran visibles en cualquier punto del escenario. La implementación propone utilizar un elemento en la forma de un círculo en la parte superior del escenario, que

además cumpliera con el punto de salida de la experiencia.

Utilizando las respuestas del cuadro 5.12 notamos que el total de los usuarios NO utilizó el sol como punto de referencia, si no declaró la sala central (o punto de entrada de la experiencia) como el elemento que les permitió ubicarse espacialmente dentro del escenario. Por otro lado, los resultados dieron a entender que la mayoría de los usuarios podían hacer un mapa mental de las distintas salas de la aplicación, ubicándose espacialmente en la experiencia a todo momento, al punto que podían bosquejar los elementos de la experiencia. Finalmente, observando las grabaciones, se nota que todos los usuarios encontraban el *landmark* propuesto accidentalmente, al estar en una posición incómoda para observarlo; por lo que este no cumplía con su función al ser difícil de hallar.

Por esto mismo, la implementación de este patrón no cumplió con su objetivo, pero las respuestas a la encuesta demuestran que todos los usuarios utilizaban otro elemento para ubicarse espacialmente en el espacio, en la forma de la sala central de la experiencia. Así se concluye que este patrón se **valida indirectamente**.

6.5. Feedback Físico Correlacionado

El objetivo este patrón era verificar que el usuario entendía los posibles controles de la aplicación en función de las acciones que se realizarían dentro de la experiencia. Para verificar esto mismo, se utilizó la pregunta del cuadro 5.10, con el fin de entender qué interacciones surgían más naturales al

usuario, entendiendo que esta implementación solo se podrá validar con respecto a la aplicación AR, ya que a los usuario de su contraparte de VR se les explicó cuales eran los controles antes de iniciar las pruebas.

De los resultados del cuadro 5.10 y las grabaciones de experiencia, se entiende que el usuario comprende rápidamente cuáles serán sus opciones en cuanto a interacción, pero a la vez un porcentaje no menor declara que utiliza otros gestos para interactuar con la aplicación en una primera instancia. Aún considerando esto, los usuarios asimilan la interacción permitida donde el acto de interacción corresponde al símil en el escenario virtual (tocar/alcanzar).

Por todas estas razones, se concluye que este patrón se **valida**.

6.6. Secuencia Narrativa de Progreso

El objetivo de este patrón era verificar que el usuario comprendía, vía un sistema auxiliar de iconografías cual era el progreso dentro de su experiencia. La implementación de este patrón fue un sistema de UI que resumía la interacción, o no, del usuario con los 3 elementos que se le solicitaba activar para habilitar la salida de la experiencia, punto donde esta misma interfaz se modificaría para hacer referencia hacia donde está el punto de fin de la aplicación.

Utilizando los resultados del cuadro 5.11, se puede concluir lo siguiente:

- La pregunta obtuvo muchos resultados nulos en cuanto a lo que el objetivo de esta compete.

- Los usuarios de VR no notaban la presencia de la interfaz por lo lejos que se ubica dentro del campo de visión que entregaba el HMD.
- Los usuarios de AR mayoritariamente entendían la interfaz auxiliar como indicador de progreso, pero la suma de usuarios que no identificaron correctamente esto, sumados a los que no contestaron la pregunta según el criterio esperado, sobrepasa a este número de usuarios que contestaron positivamente.

Considerando que la pregunta no estaba bien formulada para obtener el tipo de respuesta que se esperaba, y que además la implementación en VR fue deficiente, no se puede concluir nada respecto a este patrón. **Por esto mismo, se concluye que este patrón, NO se valida**

6.7. Conclusiones Generales

Al procurar que el escenario para realizar las pruebas, en conjunto con la implementación de la aplicación y las distintas variables de correcta usabilidad estuviesen en orden para facilitar la presencia del usuario, se obtuvieron los resultados de las encuestas de inmersión esperados; donde la mayoría del usuarios declararon sentirse presente en la experiencia, VR ligeramente entregaba mejores resultados que AR sobre esta variable.

Al asegurar presencia e inmersión del usuario, la validación de cada patrón dependería de los resultados de sus preguntas en la encuesta y de las grabaciones de las pruebas de usuario. Los patrones 1, 2, 3 y 4 fueron validadas

y, por un error en la pregunta de la encuesta y la implementación en VR, el quinto y último patrón no logró validarse.

En general, se puede cerrar en que los resultados de este trabajo dan indicio de que se pueden hallar nuevas herramientas para trabajar experiencias con requerimientos distintos a los regulares y que a través de acercamientos con enfoques distintos a los funcionales, se puede llegar a obtener herramientas como las de este trabajo.

6.8. Trabajo a Futuro

Considerando que los resultados fueron mayoritariamente positivos, se puede plantear una nueva selección de patrones que expandan los vistos en este trabajo pero agregando nuevas variables, tales como:

- Implementación sobre nuevas tecnologías
- Nuevos patrones de diseño a reemplazar
- Probar los patrones sobre un sistema realístico y/o de simulación, requiriendo una nueva implementación.
- Realizar pruebas de usuario más exhaustiva
- Medir la presencia e inmersión sobre un escenario distinto, ya sea vía otros métodos de pruebas de usuario o bajo condiciones distintas.

La idea general del trabajo a futuro es portar este acercamiento al replantamiento de ciertos patrones de diseño hacía un foco menos intrusivo, ver como

se comportan en función de más y mejores herramientas de simulación y por otro lado, considerando que esta validación se hizo sobre el trabajo de una artista visual, observar que sucedería si se implementa sobre una experiencia con un código visual-lingüístico más abierto.

Bibliografía

- [1] Google cardboard. <https://vr.google.com/cardboard/>. Accessed: 2019-02-27.
- [2] Htc vive pro eye. <https://www.vive.com/us/>. Accessed: 2019-02-27.
- [3] Leap motion. <https://www.leapmotion.com>. Accessed: 2019-02-27.
- [4] Oculus rift. <https://www.oculus.com/rift/>. Accessed: 2019-02-27.
- [5] Unreal Engine - 4.12.2. <https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4>. Accessed: 2019-02-27.
- [6] Virtuix omni. www.virtuix.com/. Accessed: 2019-02-27.
- [7] C. Anthes, R. J. García-Hernández, M. Wiedemann, and D. Kranzlmüller. State of the art of virtual reality technology. In *2016 IEEE Aerospace Conference*, pages 1–19, March 2016.
- [8] Mark Billinghurst, Adrian Clark, and Gun Lee. A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 8(2-3):73–272, 2015.
- [9] Corina Constantin and Dan Grigorovici. Virtual environments and the sense of being there: An sem model of presence. 2003.
- [10] Robert J.K. Jacob, Audrey Girouard, Leanne M. Hirshfield, Michael S. Horn, Orit Shaer, Erin Treacy Solovey, and Jamie Zigelbaum. Reality-based interaction: A framework for post-wimp interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '08, pages 201–210, New York, NY, USA, 2008. ACM.

- [11] Stefan Liszio and Maic Masuch. Lost in open worlds: Design patterns for player navigation in virtual reality games. In *Proceedings of the 13th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, ACE '16, pages 7:1–7:7, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [12] Zhihan Lv, Alaa Halawani, Shengzhong Feng, Shafiq ur Réhman, and Haibo Li. Touch-less interactive augmented reality game on vision-based wearable device. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(3):551–567, Jul 2015.
- [13] Asa Macwilliams, Thomas Reicher, Gudrun Klinker, Bernd Bruegge, and Lehrstuhl F Ur Angewandte Softwaretechnik. Design patterns for augmented reality systems. 01 2004.
- [14] R. P. McMahan and D. A. Bowman. An empirical comparison of task sequences for immersive virtual environments. In *2007 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, March 2007.
- [15] Daniel Mestre. Immersion and presence. 01 2019.
- [16] Matjaž Mihelj, Domen Novak, and Samo Begus. *Acoustic Modality in Virtual Reality*, pages 131–159. Springer Netherlands, Dordrecht, 2014.
- [17] Matjaž Mihelj, Domen Novak, and Samo Begus. *Augmented Reality*, pages 195–204. Springer Netherlands, Dordrecht, 2014.
- [18] Matjaž Mihelj, Domen Novak, and Samo Begus. *Degrees of Freedom, Pose, Displacement and Perspective*, pages 17–34. Springer Netherlands, Dordrecht, 2014.
- [19] Matjaž Mihelj, Domen Novak, and Samo Begus. *Tracking the User and Environment*, pages 53–95. Springer Netherlands, Dordrecht, 2014.
- [20] Giuseppe Riva, Fabrizia Mantovani, Claret Samantha Capideville, Alessandra Preziosa, Francesca Morganti, Daniela Villani, Andrea Gaggioli, Cristina Botella, and Mariano Alcañiz. Affective interactions using virtual reality: The link between presence and emotions. *CyberPsychology & Behavior*, 10(1):45–56, 2007. PMID: 17305448.
- [21] Maria V. Sanchez-Vives and Mel Slater. From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6:332 EP –, 04 2005.
- [22] M. Slater and M. Usoh. Presence in immersive virtual environments. In *Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, pages 90–96, Sep. 1993.

- [23] A. G. Sutcliffe and K. Deol Kaur. Evaluating the usability of virtual reality user interfaces. *Behaviour & Information Technology*, 19(6):415–426, 2000.