

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Realidad virtual como herramienta de aprendizaje en niños
para la preparación ante terremotos**

Trabajo de graduación presentado por Hernán Roberto Figueroa Pérez
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias
de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,

2022

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Realidad virtual como herramienta de aprendizaje en niños
para la preparación ante terremotos**

Trabajo de graduación presentado por Hernán Roberto Figueroa Pérez
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias
de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,

2022

Vo.Bo.:



(f)

MSc. Anasilvia Salazar

Tribunal Examinador:



(f)

MSc. Anasilvia Salazar



(f)

MSc. Douglas Barrios



(f)

Ing. Carlos Alonso

Fecha de aprobación: Guatemala, 7 de diciembre de 2022.

La idea de este proyecto surge a raíz de una experiencia propia. El 3 de junio de 2018 me encontraba de camino a casa junto a mi padre. Al estar por llegar a mi hogar comenzó una leve llovizna. Esta no era una llovizna común y corriente. Observaba que en el parabrisas las gotas dejaban una mancha extraña. Al tratar de limpiar, las gotas de agua se convertían en un tipo de lodo. Dejé el carro estacionado y al cabo de unas horas, este se encontraba cubierto por ceniza volcánica. El volcán de Fuego había erupcionado. Sin duda, era la primera vez que veía esto. No estaba preparado y no sabía qué hacer. El escenario en el que me encontraba era muy diferente al que se encontraba en las cercanías del volcán. Al ver las noticias y platicar con personas afectadas, comprendí que, en general, no estamos preparados ante riesgos que son inminentes, ni mucho menos aquellos que son súbitos y sin aviso, como un terremoto.

Sin duda, las experiencias pasadas son parte importante de lo que somos y seremos. Y parte importante de estas experiencias son las personas. Por ello quiero agradecer a mis dos asesores: Anasilvia Salazar y Carlos Alonso, sin duda, fueron parte fundamental para desarrollar esta idea. También, como parte de mi travesía en la universidad, no puede faltar agradecer a mis compañeros, que fueron una grandiosa compañía, sobre todo a Gustavo, Michele, Saúl, Isa, Luis, Luis Fernando, Randy, Chan y Diana. Dejando claro que esta sección me limita, pues hacen falta mencionar a muchos más. Quiero agradecer a mis hermanos Luciana, Luis Pedro y Zonia por apoyarme en todo. También a mis padres quienes fueron la base y los pilares para mi desarrollo. A mis profesores y a la Universidad Del Valle de Guatemala, por forjarme como buen profesional.

Por último, pero no lo menos importante, quiero reconocer lo importante que es el espíritu, la salud mental y los valores, por ello quiero agradecer a Dios y a la Virgen María por ser el soporte espiritual y energía vital para hacer todo lo que me proponga.

"Sobre hombros de gigantes"

Prefacio	V
Lista de figuras	XII
Lista de cuadros	XIII
Resumen	XV
Abstract	XVII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Alcance	9
6. Marco teórico	11
6.1. Desastres naturales	11
6.1.1. Clasificación de los desastres naturales	11
6.1.2. Terremotos	12
6.1.3. La física de las ondas sísmicas	12
6.1.4. Gestión de riesgo de desastre	12
6.1.5. Prevención de terremotos en Guatemala	13
6.1.6. Protocolo de actuación frente a sismos en centros educativos guatemaltecos	14
6.1.7. Sistema de gobernanza en la gestión de riesgo y desastres para la seguridad del Ministerio de Educación de Guatemala	15
6.1.8. Importancia en invertir en la reducción de desastres naturales	15

6.1.9.	Marco de Sendai	16
6.1.10.	Plan nacional de gestión de riesgo de desastres Guatemala 2018-2022	16
6.1.11.	Objetivos de desarrollo sostenible y su relación con los desastres naturales	16
6.2.	Realidad virtual	18
6.2.1.	Tipos de realidad virtual	19
6.2.2.	<i>Hardware y software</i> de la realidad virtual	19
6.2.3.	Motores de videojuegos para realidad virtual	20
6.2.4.	Interés por la realidad virtual	22
6.2.5.	Beneficios de la realidad virtual para la educación	22
6.2.6.	Ventajas y retos de realidad virtual en el aprendizaje	24
6.2.7.	<i>Scenario-based learning</i> (aprendizaje basado en escenarios)	24
6.3.	Metodologías de aprendizaje	25
6.3.1.	Realidad virtual como herramienta de aprendizaje	25
6.3.2.	El constructivismo	26
6.4.	Metaverso	26
6.4.1.	El Metaverso y la educación	27
6.5.	Diseño centrado en el usuario	28
6.5.1.	Pruebas de usabilidad en realidad virtual	29
6.6.	<i>Design Thinking</i>	29
6.6.1.	Perfil de personalidad de un pensador de diseño	31
7.	Metodología	33
7.1.	<i>Design Thinking</i>	34
7.2.	Población	36
7.3.	Tecnología	36
7.4.	Diseño centrado en el usuario	37
7.4.1.	Evaluaciones formativas	39
7.4.2.	Consulta a expertos	40
7.5.	Pruebas de usabilidad	40
7.5.1.	Muestra	40
7.5.2.	Experiencias previas del usuario	41
7.5.3.	Descripción del producto	41
7.5.4.	Matriz de preguntas evaluativas e instrumentos de recolección de información:	41
7.5.5.	Justificación de la elección de instrumentos de medición	42
7.5.6.	Descripción del proceso para la recolección de información	43
7.5.7.	Criterios de selección de participantes	43
7.5.8.	Esquema de evaluación	43
7.5.9.	Análisis de datos	45
8.	Resultados	47
8.1.	<i>Design Thinking</i>	47
8.2.	Evaluaciones formativas	47
8.3.	Pruebas de usabilidad	48
8.3.1.	Cuestionario pre y post prueba	48
8.3.2.	Prueba de usabilidad	50
8.3.3.	Grabaciones de audio	50

9. Análisis de resultados	53
9.1. <i>Design thinking</i>	53
9.2. Evaluaciones formativas	53
9.3. Pruebas de usabilidad	54
9.4. Grabaciones de audio	55
10. Conclusiones	57
11. Recomendaciones	59
12. Bibliografía	61
13. Anexos	65
13.1. Despliegue de aplicación de realidad virtual	65
13.2. Consideraciones para probar la aplicación	65

Lista de figuras

1.	Representación de las ondas P y ondas S.	12
2.	Ocurrencia de eventos de desastres naturales en América Latina.	13
3.	Lentes y guantes para realidad virtual.	20
4.	Porcentaje de puntos en las pruebas con su error estándar para las preguntas de retención (izquierda) y las preguntas de comprensión (derecha).	23
5.	Simulación de un laboratorio sobre la forma y movimiento de bacterias en realidad virtual.	27
6.	Fases del <i>Design Thinking</i>	30
7.	Descripción de los pasos generales utilizados en la metodología.	34
8.	Mapa de empatía con la perspectiva de una doctora respecto a los desastres naturales en Guatemala.	35
9.	Árbol del problema sobre desastres naturales.	35
10.	Lluvia de ideas generadas para definir una solución a la problemática establecida en la etapa de definición.	36
11.	Sección de la <i>storyboard</i> creada para comunicar la idea del proyecto a niños y recibir realimentación.	37
12.	Definición de persona.	38
13.	<i>Customer journey map</i>	38
14.	Etapas iniciales del prototipo de realidad virtual.	39
15.	Consulta a expertos por parte de la dirección de prevención de la Coordinadora Nacional para la reducción de Desastres en Guatemala.	40
16.	Proceso de recolección de información.	44
17.	Escena del terremoto. Se observa cómo los libros están cayendo debido al movimiento.	49
18.	Distribución de puntos entre los cuestionarios pre y post.	50
19.	Puntuaciones SUS por usuario evaluado	51
20.	Distribución de los puntos obtenidos con cada sentencia de la prueba SUS.	51
21.	Percentiles, grados, adjetivos y categorías NPS para describir puntuaciones SUS.	52
22.	Historieta utilizada como prototipo inicial del proyecto	67

23.	Prototipo inicial. Este constaba de una única escena en donde se simulaba un terremoto.	68
24.	Refinamiento del prototipo. Este contaba con tres esenas.	69
25.	Prototipo final.	70
26.	Carta de solicitud de asesoría a CONRED	72
27.	Prueba de usabilidad SUS	73
28.	Cuestionario pre y post.	76
29.	Formulario para evaluación heurística	82
30.	Consentimiento informado a padres.	84

Lista de cuadros

1.	Las siete metas definidas en el marco de Sendai.	17
2.	Prioridades de acción definidas en el marco de Sendai.	18
3.	Cuadro comparativo de los principales motores de juegos.	21
4.	Principales requerimientos del usuario identificados.	34
5.	Matriz de preguntas evaluativas e instrumentos de recolección de información	42
6.	Resultados de evaluaciones heurísticas	49
7.	Características del teléfono utilizado para ejecutar la aplicación de realidad virtual.	66
8.	Listado de usuarios para las pruebas de usabilidad.	66
9.	Esquema de evaluación	71

Este proyecto pretende presentar una alternativa lúdica para la preparación ante terremotos en niños. Se trata de una plataforma de realidad virtual que simula un seísmo y que integre elementos lúdicos. Para evaluar su eficacia, se probó la plataforma con niños, entre 10 y 14 años de edad, residentes del departamento de Chimaltenango, Guatemala. Además, se integró la evaluación de expertos en las áreas de psicología, educación, gestión de riesgos y recuperación para adecuar de mejor manera la experiencia y la información a transmitir. Como resultado de las evaluaciones con expertos, revisión de literatura, pruebas piloto, pruebas de usabilidad y cuestionarios pre y post, se desarrolló una aplicación de realidad virtual orientando la experiencia para niños. También, se exploró que este método de inclusión tecnológica es eficaz para explicar temas de preparación ante terremotos, ya que según las pruebas realizadas se obtuvo una mejora del 60 % en los promedios de los resultados de los cuestionarios pre y post.

This project aims to present a playful alternative for earthquake preparedness in children. It is a virtual reality platform that simulates an earthquake and integrates playful elements. To evaluate its effectiveness, the platform was tested with children, between 10 and 14 years of age, residing in the department of Chimaltenango, Guatemala. In addition, the evaluation of experts in the areas of psychology, education, risk management and disaster recovery was integrated to better adapt the experience and the information to be transmitted. As a result of evaluations with experts, literature review, pilot tests, usability tests and pre and post questionnaires, a virtual reality application was developed, guiding the experience for children. Also, it was explored that this method of technological inclusion is effective in explaining earthquake preparedness issues, since according to the tests carried out, an improvement of 60 % was obtained in the averages of the results of the pre and post questionnaires.

La realidad virtual puede llegar a ser una herramienta lúdica que permita a niños comprender las medidas y las acciones adecuadas ante un terremoto. El presente trabajo de graduación plantea el diseño de una plataforma de realidad virtual para niños con el fin de ofrecer una mejor experiencia a la hora de prepararse ante un seísmo. Se trata de una plataforma lúdica que permite a niños visualizar una escena de un terremoto. En ella se integran elementos de enseñanza con el fin de formar al usuario a una mejor preparación ante una eventualidad sísmica. El poder inmersivo de la realidad virtual, permite acercar al usuario a un escenario que es difícil de crear y de explicar en la vida real (Hussein y Nätterdal, 2015). Con esto el aprendiz tendrá la oportunidad de conocer de mejor forma lo que sucede durante un terremoto y al mismo tiempo afianzar los conocimientos respecto a las acciones seguras que se deben tomar.

En el trabajo se establece un prototipo iterativo, el cual a través de varias iteraciones y consultas se va mejorando. Cada iteración involucra al usuario final y consultas de expertos en el tema de aprendizaje y prevención ante terremotos. Para medir la eficacia de la plataforma de realidad virtual se realiza una prueba al inicio. Posteriormente, el usuario prueba el software. Finalmente, se realiza una nueva prueba para medir los conocimientos adquiridos.

Se observó que los niños se entusiasman por aprender a través de nuevas metodologías, sobre todo por metodologías tecnológicas e interactivas. Además, se logró probar que la herramienta fue útil para que los niños comprendieran las medidas adecuadas ante un terremoto. Finalmente, se logró crear una experiencia de usuario adecuada para niños, ya que los elementos y los sonidos fueron adaptados para su confort y aprendizaje.

Hoy en día se está estimulando la creación de contenido más inmersivo. Con la llegada del Metaverso se han incrementado la creación de aplicativos relacionados con realidad virtual. El mercado tenía un valor de \$478.7 millones para el 2020 y los expertos esperan un crecimiento de \$800 mil millones en los próximos cuatro años (Forbes, 2022). Con esto se han desarrollado diferentes proyectos como la aplicación “*Flood Action VR*” que consiste en un marco de trabajo para crear ambientes de juego en 3D realistas con clima en tiempo real, clima histórico o clima en condiciones de desastre natural (Sermet y Demir, 2019). También, la tecnología de realidad aumentada ha permitido recrear situaciones de emergencia como inundaciones, tal es el caso de un proyecto realizado en Japón que lleva por nombre “*Augmented Reality Floods and Smoke Smartphone App Disaster Scope utilizing Real-time Occlusion*”. Dado que esta localidad es propensa a inundaciones, se creó una aplicación para teléfono en donde los niños puedan observar cómo sucede una inundación o cómo se ve el humo provocado por un incendio dentro de su localidad con el fin de prepararlos. Esta tecnología permite detectar profundidad a través de los sensores del teléfono y fusionar el contexto con gráficas relacionadas con la emergencia (Itamiya et al., 2019).

Justificación

Guatemala ha sido víctima de diversos desastres naturales a lo largo de su historia. Terremotos, erupciones volcánicas, sequías, incendios forestales, inundaciones, heladas, deslaves y epidemias son un ejemplo de los diversos fenómenos naturales que han dejado a su paso pérdidas humanas y económicas. Esto es debido al grado de exposición a la amenaza y vulnerabilidad existente en el país. Cuando hablamos del grado de exposición, Guatemala está localizada en la confluencia de tres placas tectónicas y también se encuentra dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico. Esto hace que el territorio esté expuesto a intensa actividad sísmica y volcánica. Así mismo, la geografía del país la predispone a diversos riesgos relacionados con las temporadas lluviosas y secas, como lo son inundaciones, deslizamientos y sequías. Por estar entre dos océanos, la incidencia de amenazas de huracanes y depresiones tropicales es alta (Quevedo, 2020).

Además, la pandemia de COVID-19 es un desastre biológico que logra poner al descubierto las vulnerabilidades en la capacidad organizacional y de respuesta de los sistemas sanitarios, la sobrepoblación, la informalidad, las prácticas sociales de trabajo y el transporte público de un país. Esta pandemia ha dejado la necesidad imperiosa por aplicar nuevos enfoques conceptuales y analíticos para comprender y gestionar mejor la dinámica de los riesgos relacionados con desastres naturales. Mejorar la gobernanza de los riesgos es clave para América Latina y el Caribe (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2021).

Esto apunta a la necesidad de contar con herramientas diversas y efectivas para la reducción de desastres. Dichas herramientas pueden ser utilizadas para preparar de forma temprana a la población y así brindar conciencia oportuna de los riesgos que se podrían presentar y las maneras de evitarlo. Sin embargo, la mayoría de personas no cuenta con experiencia sobre desastres naturales, menos aún sobre terremotos. Esto hace que se tomen acciones inadecuadas para la seguridad al momento de la emergencia. Hace falta métodos de preparación y enseñanza para que las personas pueden tomar acciones seguras. La población requiere de metodologías de enseñanza innovadora y tecnológicas para la correcta formación ante terremotos. Las tecnologías de software capaces de generar imágenes y escenas realistas

pueden significar una ayuda eficaz para este tipo de preparación.

4.1. Objetivo general

Crear una aplicación de realidad virtual para niños que ayude en temas de prevención ante terremotos en Guatemala.

4.2. Objetivos específicos

- Utilizar la metodología de diseño centrado en el usuario en el desarrollo de la aplicación de realidad virtual.
- Explorar cómo la herramienta desarrollada influye en la comprensión de las medidas y el comportamiento adecuado ante un terremoto.
- Integrar a varios actores importantes en la prevención de terremotos con el fin de crear una experiencia de usuario adecuada para el uso con niños.

Este proyecto pretende desarrollar un aplicativo de realidad virtual. Dentro de este prototipo se pretende desarrollar escenas que integren 1) un acercamiento de un terremoto, es decir, una simulación que muestre cómo sucede un terremoto, cómo se escucha y cómo los objetos vibra y puedan caer; y 2) una escena que muestre los elementos importantes para la prevención de terremotos en donde los niños puedan conocer más sobre este tema.

El público objetivo serán niños de 10 a 14 años de edad residentes de Chimaltenango, Guatemala. Estos niños son residentes de áreas cercanas al casco urbano. Dentro del desarrollo se emplearán pruebas de usabilidad y cuestionarios para evaluar el conocimiento de los niños antes y después de probar la aplicación. En este estudio se pretende explorar los aportes que puede realizar la realidad virtual en temas de terremotos. No se toman en cuenta las variables como el nivel de comprensión lectora del usuario, ni tampoco el sesgo motivacional que puede suponer la realidad virtual.

6.1. Desastres naturales

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2014), los desastres naturales son consecuencia de fenómenos naturales desencadenantes de procesos que provocan daños físicos y pérdidas de vidas humanas y de capital, al tiempo que alteran la vida de comunidades y personas, y la actividad económica de los territorios afectados. Además, los desastres naturales son el resultado de la combinación de dos factores: a) aquellos fenómenos naturales capaces de desencadenar daños físicos y pérdidas humanas y de capital, y b) la vulnerabilidad que la población experimenta en donde suceda el fenómeno natural.

6.1.1. Clasificación de los desastres naturales

La clasificación de desastres naturales suele realizarse de acuerdo con las características de la amenaza natural que los originó, en cuanto al tipo de fenómeno, a la manera en que sucede: súbita como los terremotos o mediata como los huracanes. También se clasifican por su duración: corta, mediana o larga. La clasificación más utilizada es la de la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (EIRD), que agrupa a los desastres en cuatro categorías: 1) dinámicos internos de la tierra, 2) dinámicos externos de la tierra, 3) meteorológicos e hidrológicos, y 4) de origen biológico (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014).

Los desastres dinámicos internos de la tierra incluye terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas; los desastres naturales meteorológicos e hidrológicos son las inundaciones, tormentas, huracanes, tornados y sequías; los desastres naturales dinámicos externos de la tierra puede ser deslizamientos, derrumbes y alude; los desastres naturales de origen biológico son las epidemias y plagas (Taboada, 2021).

6.1.2. Terremotos

Los terremotos son movimientos del suelo. Al ocurrir un terremoto se generan ondas sísmicas. Estas ondas son similares a las ondas sonoras de un gong. Se emiten a partir de un punto de liberación de energía y se desplazan por las capas superficiales de la Tierra. Este punto se suele definir como foco del terremoto y puede estar a pocos kilómetros de profundidad o incluso a varios cientos de kilómetros (Bolt y col., 2022).

6.1.3. La física de las ondas sísmicas

Como parte integral del desarrollo de este proyecto se debe considerar la perspectiva física que está detrás de las ondas sísmicas. La física permite construir un modelo matemático de un aspecto de la vida real. Estas consideraciones se pueden tomar en cuenta a la hora de desarrollar la experiencia de realidad virtual.

Una fuente sísmica libera energía mecánica en el suelo, produciendo una deformación temporal del terreno, la cual se propaga a una determinada velocidad. Estas ondas pueden ser elásticas o sísmicas. Las ondas sísmicas se clasifican en dos grupos, las ondas de cuerpo o volumétricas, las cuales se propagan en el interior del suelo, y las superficiales, que se propagan a lo largo de un volumen reducido de la superficie terrestre. Las ondas volumétricas se clasifican a su vez en ondas primarias (ondas P) y ondas secundarias (ondas S). Las ondas P son ondas longitudinales, la vibración se transmite en dirección a la propagación de la onda. Las ondas S son transversales y las partículas vibran perpendicularmente a la dirección de la propagación, ver Figura 1(Srdanovic y col., 2012).

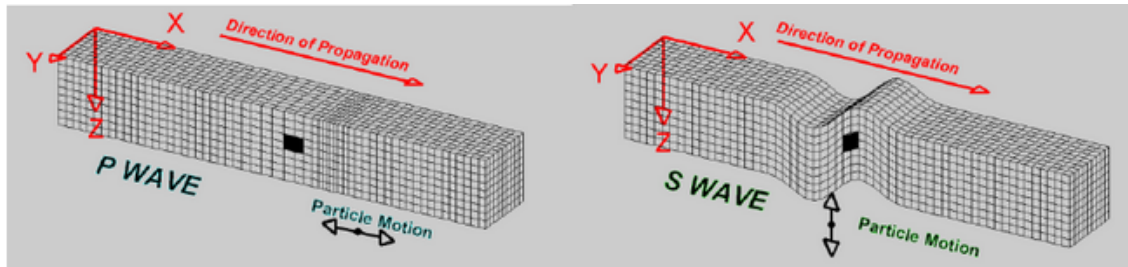


Figura 1: Representación de las ondas P y ondas S.

(Srdanovic y col., 2012)

6.1.4. Gestión de riesgo de desastre

América Latina y el Caribe es una de las regiones del planeta con más alta exposición a diversas amenazas naturales. En los últimos 20 años las inundaciones han afectado directamente alrededor de 53 millones de personas y alcanzando los 1.000 millones de dólares en pérdidas económicas para la región. El desafío es aumentar la resiliencia de América Latina y el Caribe ante amenazas naturales actuales y futuras (Useche, 2020).

Useche (2020) indica que la gestión del riesgo de desastres corresponde al conjunto de estrategias, políticas y medidas destinadas a mejorar cuatro aspectos clave :

1. La comprensión del riesgo
2. Su reducción
3. La protección financiera frente a dicho riesgo;
4. las prácticas de preparación, respuesta y recuperación en caso de que el riesgo se materialice

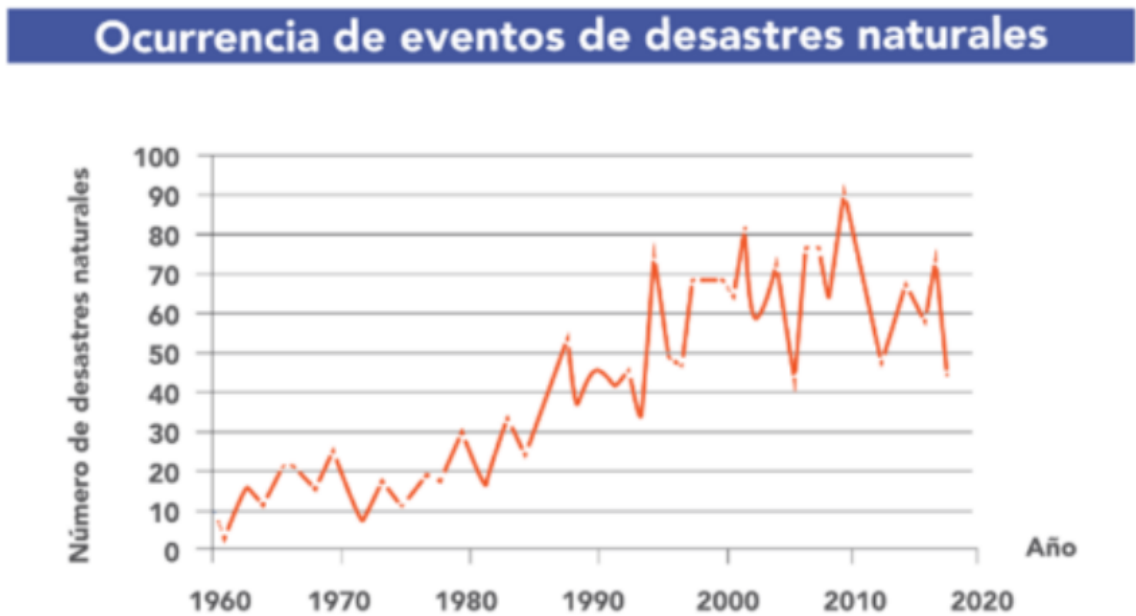


Figura 2: Ocurrencia de eventos de desastres naturales en América Latina.

(Useche, 2020)

6.1.5. Prevención de terremotos en Guatemala

Según la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres en Guatemala (2021) las acciones recomendadas por hacer a la hora de un terremoto son tener una mochila de 72 horas, mantener la calma, llevar a cabo el Plan Familiar de Respuesta, colocarse en esquinas de la vivienda, cubrirse con la cabeza, agarrarse a una estructura fuerte y alejarse de ventanas. Luego del sismo recomienda atender las recomendaciones de autoridades y encender un radio para escuchar reportes de la situación e indicaciones.

6.1.6. Protocolo de actuación frente a sismos en centros educativos guatemaltecos

De acuerdo con el MINEDUC (2022) en caso de presentarse un sismo, se deben considerar los siguientes aspectos :

1. El director activará la alarma.
2. El docente dará la instrucción de cubrirse la cabeza con las manos.
3. Agacharse tratando de cubrirse bajo un escritorio cercano o mesa, lejos de ventanas o muebles que puedan caer.
4. Permanecer agachados debajo del escritorio o pupitre, agarrarse de las “patas” de estos y mantenerse en resguardo mientras pasa el sismo.
5. Atender a los estudiantes, personal docente y administrativo que necesiten apoyo especial o diferenciado.

Después de lo ocurrido se pueden realizar las siguientes maniobras:

1. Evacuar utilizando la ruta establecida.
2. Dirigirse hacia el punto de reunión establecido.
3. Realizar conteo de personal docente, administrativo y estudiantes, para verificar conforme al listado, si hay ausentes en el punto de reunión.
4. Esperar instrucciones del director del Comité Escolar de Gestión del Riesgo.

Si se está fuera del aula:

1. Alejarse del edificio o paredes de ser posible.
2. Agacharse en el lugar en que se encuentre y esperar mientras pasa el sismo.
3. Evitar subir escaleras, subir techos o colocarse bajo cableado eléctrico.
4. Asistir a estudiantes, personal docente y administrativo que necesiten apoyo especial o diferenciado.
5. Dirigirse hacia el punto de reunión más cercano.
6. Esperar instrucciones del director del Comité Escolar de Gestión del Riesgo.

6.1.7. Sistema de gobernanza en la gestión de riesgo y desastres para la seguridad del Ministerio de Educación de Guatemala

El 23 de enero del año 2014, se crea el Sistema de Gobernanza en la Gestión de Riesgo y Desastres para la seguridad Escolar del Ministerio de Educación, a través del acuerdo ministerial 247-2014 del ministerio de Educación, con la finalidad de articular procesos y esfuerzos, para actuar como red integrada, en una lógica sucesión de intervenciones en el antes, durante y después de una emergencia o desastre (Ministerio de Educación de Guatemala, 2022).

El sistema de gobernanza para la gestión de riesgo y desastres para la seguridad escolar tiene la siguiente estructura (Ministerio de Educación de Guatemala, 2022):

- Ministro(a) de educación lo preside y podrá delegar en el cuarto viceministro(a) de educación la gerencia del sistema.
- Director(a) general de coordinación de las direcciones departamentales de educación coordina y enlaza las dependencias centrales con las direcciones departamentales de educación, apoyado por el director(a) de Comunicación Social, que actúa como eje transversal en el sistema.
- Director(a) general de currículo, director(a) general de monitoreo y verificación de la calidad, Director(a) de servicios administrativos, Director(a) de planificación educativa, coordinan las líneas de acción del plan estratégico.

6.1.8. Importancia en invertir en la reducción de desastres naturales

En el contexto actual en el que vivimos, con una pandemia global y eventos naturales cada vez más recurrentes y de magnitudes cada vez más extremas, muchos de ellos como consecuencia del cambio climático, las distintas dimensiones en las que un desastre puede impactar en el bienestar de las personas se manifiestan en forma evidente. Si bien las amenazas por fenómenos naturales son inevitables, sus impactos puede ser mitigados a través de la gestión del riesgo de desastres, proporcionando un mejor conocimiento de las amenazas y un adecuado abordaje de las vulnerabilidades (Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo, 2020).

Países como Japón han apostado a financiar sistemas que permiten una mejor preparación ante desastres naturales. De hecho, fue en este país donde se obtuvo la concepción de que, puesto a que el riesgo a desastres está en aumento, más vale que se impulsen las medidas de preparación ante ellos, de modo que cuando ocurran su impacto sea menor y las pérdidas de vidas humanas y materiales se reduzcan (Rey, 2009).

Los países frágiles son los que sufren los impactos más graves; la carencia de capacidad institucional y de recursos puede hacer que una sola catástrofe empeore de manera significativa los efectos de otras crisis. El mundo simplemente no puede permitirse seguir por ese camino. Por cada USD 1 que se invierte en prevención, se ahorran alrededor de USD 16 en el futuro. Si se debe invertir en respuesta ante emergencias, se debe hacer, pero también se debe seguir identificando y disminuyendo riesgos con el objetivo de ser más resilientes. Es

importante fortalecer la capacidad de mitigar riesgos multidireccionalmente antes de que se conviertan en crisis de grandes proporciones (Georgieva, 2018).

6.1.9. Marco de Sendai

El marco de Sendai para la reducción de riesgo de desastres 2015-2030 fue aprobado en la tercera conferencia mundial de las Naciones Unidas sobre la reducción del riesgo de desastres, celebrada del 14 al 18 de marzo de 2015 en Sendai, Miyagi, Japón, que brindó a los países la oportunidad de (Ofician de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2015):

- Aprobar un marco para la reducción del riesgo de desastres después del 2015 conciso, específico, preparado con visión de futuro y orientado a la acción.
- Concluir la evaluación y el examen de aplicación del marco de acción de Hyogo para 2005-2015.
- Determinar las modalidades de cooperación basada en los compromisos para la aplicación de un marco para la reducción del riesgo de desastres después de 2015.
- Determinar las modalidades para el examen periódico de la aplicación de un marco para la reducción del riesgo de desastres después de 2015.

6.1.10. Plan nacional de gestión de riesgo de desastres Guatemala 2018-2022

Este plan está en sintonía con los marcos legales más importantes a nivel nacional e internacional en temas de gestión de riesgo de desastres. Pretende ser el marco orientador de las acciones de gestión integral de riesgo a desastres en Guatemala, para cada uno de los miembros del sistema CONRED, cooperantes nacionales o internacionales, ONG, actores pertinentes y otros que trabaje en la temática de la gestión integral de reducción del riesgo de desastres en Guatemala. Este plan tiene el propósito de reducir vulnerabilidad y buscar el desarrollo del país. Dentro de este marco se definen siete metas mundiales y cuatro prioridades a alcanzar en el año 2030 (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2018).

6.1.11. Objetivos de desarrollo sostenible y su relación con los desastres naturales

La aprobación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) representa una oportunidad histórica para unir a los países y las personas de todo el mundo y emprender nuevas vías hacia el futuro. Los ODS están formulados para erradicar la pobreza, promover la prosperidad y el bienestar para todos, proteger el medio ambiente y hacer frente al cambio climático a nivel mundial. En conjunto, construyen una visión del futuro que queremos. Los ODS son universales ya que constituyen un marco de referencia verdaderamente universal y se

Siete metas del marco de Sendai	
Meta mundial A	Reducir considerablemente la mortalidad mundial causada por desastres para el 2030, y lograr reducir la tasa de mortalidad mundial causada por desastres por cada 100.000 personas en el decenio 2020-2030 respecto del período 2005-2015;
Meta mundial B	Reducir considerablemente el número de personas afectadas a nivel mundial para 2030, y lograr reducir el promedio mundial por cada 100.000 personas en el decenio 2020-2030 respecto del período 2005-2015;
Meta mundial C	Reducir las pérdidas económicas causadas directamente por los desastres en relación con el producto interno bruto (PIB) mundial para 2030;
Meta mundial D	Reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos, como las instalaciones de salud y educativas, incluso desarrollando su resiliencia para 2030;
Meta mundial E	Incrementar considerablemente el número de países que cuentan con estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional y local para 2020;
Meta mundial F	Mejorar considerablemente la cooperación internacional para los países en desarrollo mediante un apoyo adecuado y sostenible que complemente las medidas adoptadas a nivel nacional para la aplicación del presente Marco para 2030;
Meta mundial G	Incrementar considerablemente la disponibilidad de los sistemas de alerta temprana sobre amenazas múltiples y de la información y las evaluaciones sobre el riesgo de desastres transmitidos a las personas, y el acceso a ellos, para 2030.

Cuadro 1: Las siete metas definidas en el marco de Sendai.

(Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2018)

Prioridades de acción	
Prioridad 1	Comprender el riesgo de desastres
Prioridad 2	Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo
Prioridad 3	Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia
Prioridad 4	Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y reconstruir mejor en los ámbitos de la recuperación , la rehabilitación y la reconstrucción

Cuadro 2: Prioridades de acción definidas en el marco de Sendai.

(Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2018)

aplicarán a todos los países. Son transformadores pues ofrecen cambios de paradigma en relación con el modelo tradicional de desarrollo hacia un desarrollo sostenible que integra la dimensión económica, social y la medioambiental. Son civilizatorios debido a que trata de que nadie quede rezagado y contempla un mundo de respeto universal hacia la igualdad y no discriminación entre los países (Naciones Unidas, s.f.).

Los ODS con relación más directa con los desastres naturales son (Naciones Unidas, 2018):

- **Objetivo 13, acción por el clima:** En una de sus metas establece la mejora en la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.
- **Objetivo 4, educación de calidad:** Dentro de sus metas lista el aseguramiento de todas las niñas y todos los niños a terminar la enseñanza primaria y secundaria, la cual debe ser gratuita, equitativa y de calidad y producir resultados de aprendizaje pertinentes y efectivos.
- **Objetivo 9, industria, innovación e infraestructura:** Parte de sus metas consiste en aumentar significativamente el acceso a la tecnología de la información y las comunicaciones y esforzarse por proporcionar acceso universal y asequible a Internet en los países menos adelantados.

6.2. Realidad virtual

La realidad virtual (RV) es una tecnología que permite al usuario sumergirse en experiencias en un mundo virtual 3D. A través de *software* se logran configurar diferentes animaciones e interacciones, dentro de cada escena virtual. Esto logra que el usuario pueda

navegar y tomar acciones sobre los objetos del mundo virtualizado. Los canales sensoriales son importantes para simular una realidad paralela. La vista y el oído facilitan transportar la atención y sensaciones al mundo digital. Es necesario el uso de lentes para realidad virtual. El desarrollo de aplicaciones de RV han incrementado su popularidad en los últimos años en diferentes campos (Segura y Osorio, 2021).

6.2.1. Tipos de realidad virtual

Según Dilmegani (2022), la realidad virtual se puede clasificar de acuerdo con los siguientes tipos: :

- **Totalmente inmersiva:** Es un tipo de RV que provee la experiencia más realista. Está constituida por lentes de realidad virtual, en inglés HMDs, audífonos y otro equipamiento para simular la mayor cantidad de sentidos posible con el fin de lograr una experiencia realista (Dilmegani, 2022).
- **Semi-inmersiva:** Permite al usuario experimentar mundos virtuales sin dejar de conectarse del mundo físico (Dilmegani, 2022).
- **No inmersiva:** Provee ambientes generados por computadora sin sentir inmersión. Los videojuegos son un ejemplo común para este tipo de RV (Dilmegani, 2022).

6.2.2. *Hardware y software de la realidad virtual*

La RV consiste esencialmente de lentes y accesorios como controles o rastreadores de movimiento. En cuanto a contenido, existe aplicaciones descargables o basadas en web las cuales puede ser accedidas a través de un navegador. Los lentes consisten en una pantalla o un monitor que permiten mostrar las imágenes o escenas de la RV. Bardi (2019), menciona que existen tres tipos de lentes:

- **Basados en PC:** Tienden a ser los más caros porque brinda la experiencia más inmersiva. Usualmente, integran audífonos y son alimentados por *hardware* externo. El monitor dedicado, los sensores incluidos y una cámara rastreadora externa, así como los sensores de rastreo para la cabeza, ofrecen una experiencia de audio e imagen de gran calidad (Bardi, 2019).
- **Autónomos:** Este tipo de lentes integran todo en uno. Son inalámbricos e integran piezas de *hardware* como tabletas o teléfonos inteligentes. Algunos transmiten la información de forma inalámbrica desde la consola o computadora cercana, mientras que otros son conectados por cable a dispositivos que el usuario carga en el bolsillo o se adhieren a él por un clip (Bardi, 2019).
- **Móviles:** Este tipo de dispositivos usan lentes que cubren un teléfono inteligente. Los lentes separan la imagen para crear una imagen estereoscópica. Convierte un teléfono inteligente en un dispositivo de RV. Este tipo de lentes son baratos. No ofrecen la experiencia de realidad virtual completa (Bardi, 2019). En esta categoría se pueden

mencionar los Google Cardboard. Google Cardboard es una plataforma de desarrollo en teléfono Android y herramienta para una fácil obtención de visores de realidad virtual. Google Cardboard es relativamente barato, liviano y accesible. Brinda una configuración para realidad virtual al público en general (Fabola y col., 2015).

También se pueden considerar otros accesorios como mouse 3D, rastreadores ópticos, guantes, controles de movimiento, fajas omnidireccionales y dispositivos para oler. En cuanto a *software*, se podría incluir sistemas de administración de contenidos, motores de videojuegos, *software* development kit (SDK), plataformas sociales, simuladores inmersivos y *software* de visualización (Bardi, 2019).



Figura 3: Lentes y guantes para realidad virtual.

(Sensoryx, 2022)

6.2.3. Motores de videojuegos para realidad virtual

Los motores de videojuegos de realidad virtual (VR) proveen a los desarrolladores un marco de trabajo para crear experiencias en realidad virtual. Los motores de videojuegos para realidad virtual están en la misma categoría que los motores de videojuegos, pero estos primeros brindan soporte para sistemas operativos y *hardware* de RV directamente o a través de una API. Utilizando motores de videojuegos para RV los desarrolladores pueden crear juegos para varios dispositivos, incluyendo consolas de juego y teléfonos inteligentes (G2, 2022).

Los motores de videojuegos generalmente difieren en las licencias que utilizan, el precio, soporte en 2D y 3D, plataformas en las que se desarrollará el juego, el enfoque a programadores o a no programadores, curva de aprendizaje, el lenguaje de programación, los efectos y las herramientas proveídas. Al momento de elegir es preciso considerar los objetivos y las circunstancias. Dentro de los motores de juego que existen en el mercado podemos listar: Unity, Unreal, CryEngine, Ogre, Blender, Corona, SpriteKit, Amazon lumberyard, Marmalade, Buildbox, Construct 2, Fusion, GameMaker, Cocos, Felgo, Godot entre otros (Tost, 2021).

Motor de videojuegos	Instalación y propiedad	2D/3D	Facilidad de uso	Integración y compatibilidad	Soporte VR	Soporte al cliente
Unreal Engine	3	Ambos	3	6	Sí	3
Amazon Lumberyard	3	Solo 3D	5	3	Sí	3
CryEngine	3	Ambos	6	6	Sí	3
Unity	3	Ambos	3	5	Sí	3
GameMarker: Studio	6	Solo 2D	5	3	No	3
Godot	5	Ambos	5	3	No	5
Cocos2d	5	Solo 2D	5	3	No	3

Cuadro 3: Cuadro comparativo de los principales motores de juegos.

(Golan, 2021)

Golan (2021) menciona los siguientes motores de juego, siendo los más populares en la industria:

- **Unreal Engine:** Es una de los más populares y usados en el desarrollo de juegos. Esencialmente, es un motor multiplataforma diseñado para negocios de todos los tamaños. Dentro de sus fortalezas se listan: Escalabilidad, diversidad de características, personalización, soporta juegos en 2D y 3D. Su precio es gratuito, pero hay que considerar regalías sobre ingresos brutos (Golan, 2021).
- **Amazon Lumberyard:** Es un motor de videojuegos para crear juegos en 3D. Ofrece modos de previsualización de RV, herramientas de programación visuales e integraciones con Twitch. Dentro de sus fortalezas se listan: Diversidad de características, capacidades extensivas. El precio es gratuito(Golan, 2021).
- **CryEngine:** Es una plataforma gratuita. Ofrece diversidad de recursos de aprendizaje gratuitos. Dentro de sus fortalezas se pueden listar: Interfaz sólida, capacidades visuales, soporte para RV. La membresía comienza a partir de \$50 (Golan, 2021).
- **Unity:** Es un motor multiplataforma que permite crear interactividad en 3D de manera sencilla. Es la elección de muchas organizaciones dado a su excelente funcionalidad, contenido de alta calidad, la habilidad de ser usado para cualquier tipo de juego. Soporta contenido en 2D y 3D. Es compatible con Windows, Mac, Linux, iOS, Android,

Switch, Xbox, PS4, Tizen y otras plataformas. La interfaz es amigable, lo que reduce la necesidad de entrenamiento. Ofrece la Unity Asset Store en donde se puede encontrar una vasta cantidad de contenido y herramientas. Dentro de sus fortalezas están: Versión gratuita, multiplataforma, bueno para equipos de diversos tamaños, 2D y 3D. El precio es gratuito para uso personal. Los planes mensuales inicia a partir de \$35 al mes (Golan, 2021).

- **GameMaker Studio:** Se ha convertido en una plataforma popular dado que no se requieren conocimientos de programación. Esto también significa una dificultad debido a que limita las capacidades. Dentro de sus fortalezas están: Facilidad de uso e interfaz intuitiva. Es gratuito y las membresías comienzan a partir de \$39 al mes (Golan, 2021).
- **Godot:** Es gratis y open-source. No exige regalías, ni tarifas por suscripción. Es adecuado para crear juegos en 2D y 3D. Dentro de sus fortalezas se pueden encontrar: Facilidad de uso e interfaz intuitiva (Golan, 2021).
- **Cocos2d:** Todas las versiones de esta plataforma utilizan lo primitivo en 2D: *sprite*. Un *sprite* puede ser pensado como una simple imagen 2D, pero también puede contener otras *sprites*. Soporta iOS, Android, Tizen, Windows, Linux y MacOS con una API en C++, Lua y Javascript. Sus fortalezas son: Facilidad de usar e interfaz intuitiva. Es gratuita (Golan, 2021).

Para este proyecto se pretende utilizar Unity. Este motor de juegos es referente en la industria. Además, como se observa en el Cuadro 3, permite el desarrollo de realidad virtual. Además, si se compara con otros motores como Unreal, Unity ofrece mayor eficiencia en plataformas móviles, ya que su *footprint* es menor. Es decir, Unreal ofrece mejores gráficas, pero los archivos generados son más grandes a comparación de Unity. Para muchos teléfonos móviles, este puede llegar a ser una limitante (Martyntenko, 2022).

6.2.4. Interés por la realidad virtual

Brindar la información en formatos 2D como planos, señales o gráficos algunas veces puede llegar a ser confuso. Estas representaciones imponen limitaciones obvias en la presentación de la información a los usuarios. La realidad virtual permite enriquecer la información. Los datos brindados en realidad virtual son percibidos de manera más real y explícita. Permite involucrar de mejor manera a los usuarios e incrementar su participación. Por otro lado, la realidad virtual mantiene una ventaja sobre otras tecnologías: su capacidad de poder simular ambientes complejos. Con casos de uso como entrenamientos para incendios y cirugías, esta herramienta supone una mejora en la calidad de la información que se le brinda a un usuario a la hora de prepararlo (Torro y col., 2021).

6.2.5. Beneficios de la realidad virtual para la educación

Recientes estudios han demostrado que la realidad virtual presente muchas oportunidades y ventajas para la educación. Dichos estudios demuestran que la realidad virtual puede ser más efectiva que otros métodos tradicionales. La forma única que la realidad virtual permite

representar información no puede ser igualada por otras herramientas usadas actualmente en la educación hoy en día. Cuando es utilizada en un contexto correcto, este tipo de tecnología provee una gran ayuda a los educadores como a los estudiantes (Hussein y Nätterdal, 2015).

Los efectos positivos en las emociones y en el involucramiento que la realidad virtual provee son importantes beneficios tanto para el aprendizaje dentro de clase como para el aprendizaje fuera de casa. Algunas veces estos aspectos son pasados por alto, ya que la mayor parte de estudios se enfocan en elementos cuantitativos, como los resultados de pruebas. Sin embargo, se ha demostrado que las emociones de los individuos, el involucramiento y la motivación están altamente relacionados uno con el otro y son aspectos importantes en el aprendizaje. Así pues, la realidad virtual puede replicar o complementar los métodos de aprendizaje tradicionales. Además, esta tecnología también es apropiada más allá de las aulas de clase. Es útil en aprendizaje a distancia, autoaprendizaje u otros ambientes educativos. En cuanto a la versatilidad, la realidad virtual puede enriquecer y detallar ambientes de aprendizaje y puede ser programada para simular cualquier escenario (Allcoat y von Mühlénen, 2018).

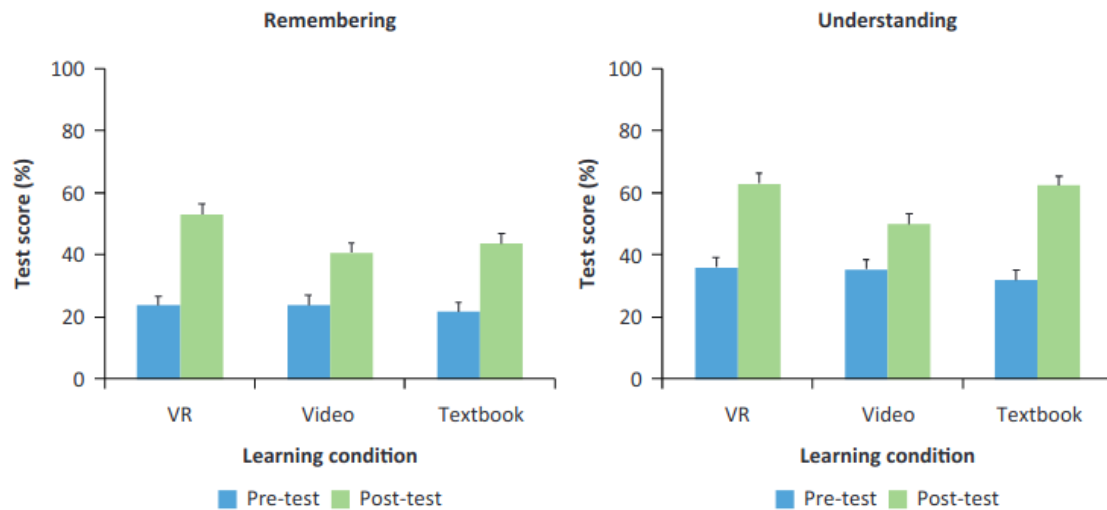


Figura 4: Porcentaje de puntos en las pruebas con su error estándar para las preguntas de retención (izquierda) y las preguntas de comprensión (derecha).

(Allcoat y von Mühlénen, 2018)

La realidad virtual le brinda al cerebro una experiencia más completa. Normalmente, una persona piensa cómo el cerebro aprende, tiende a pensar como que fuese información descargada. Realmente es un proceso más complejo sobre construcción de asociaciones y estímulos. Especialmente para aprendices visuales o tácticos, RV brinda múltiples canales de entendimiento para un tema. No solo se está memorizando, también permite al cerebro crear asociaciones entre el sujeto y el ambiente (Dragani, 2019).

6.2.6. Ventajas y retos de realidad virtual en el aprendizaje

La realidad virtual ofrece muchas oportunidades. Sjöberg y Graeske (2021) mencionan algunas de ellas:

- Los estudiantes se involucran más en las clases.
- Se observa una tendencia a completar todas las tareas.
- Permite nuevas experiencias y competencias, ya que permite a los estudiantes moverse en el espacio y en el tiempo mientras permanecen dentro del salón.
- Ofrece otras dinámicas dentro del salón.
- Permite establecer otra relación entre estudiantes y maestro, ya que puede explorar cierto fenómeno juntos.
- Los estudiantes sienten que son dueños de su aprendizaje.

Sjöberg y Graeske (2021) también mencionan algunos retos, los cuales pueden ser:

- No existe aún suficiente *software*.
- Los equipos pueden llegar a ser caros.
- Se ve afectada la relación interpersonal dentro del salón.
- Los maestros requieren ser capacitados para usar adecuadamente la tecnología.
- El *software* existente muchas veces requiere de mejoras.
- Se requiere estudiar más este campo para adaptar mejor las clases y temas así como conocer nuevas posibilidades.

6.2.7. *Scenario-based learning* (aprendizaje basado en escenarios)

Este tipo de técnicas se ha convertido en un método popular en los salones de clase por diversos motivos. Este estilo de educación ayuda a desarrollar y mejorar la toma de decisiones y las habilidades para resolver problemas de los alumnos, introduciéndolos a varias situaciones hipotéticas que requieren una solución. Dado que se trata de problemas reales, los estudiantes reciben de una manera correcta la experiencia de aprendizaje que los ayuda inmensamente en el mundo real. Contrario a lo que se podría pensar, este tipo de metodología puede ser utilizada online. Utilizando aplicativos y herramientas, los maestros pueden crear lecciones virtuales en donde les puedan proveer a sus alumnos varios escenarios (Lynch, 2021).

La realidad virtual dentro de la técnica de escenarios combina dos grandes y efectivas técnicas de diseño instructivo: la práctica que es tan cercana al mundo real y la posibilidad de *storytelling*. Los escenarios permiten movernos dentro del juicio crítico, pensamiento crítico y toma de decisiones. Todo esto puede llevar a una mejor aplicación de lo aprendido en el trabajo. Dentro de algunos casos de uso se pueden listar (Lozano *et al*, 2022):

- **Entrenamiento de servicio al cliente utilizando escenarios de aprendizaje:** Tomando en cuenta las claves del servicio al cliente como la hospitalidad y la empatía con los clientes, se crearon 5 escenarios en donde se asocian diferentes situaciones con clientes. En cada escenario, los aprendices experimentan 3 diferentes formas que se puede ofrecer el servicio de hospitalidad. Allí deben indicar qué manera es la que más se adecúa a la situación (Lozano *et al*, 2022).

- **Entrenamiento de *marketing* para ventas:** Esta herramienta permite a los concesionarios de vehículos entrenar a sus vendedores a través de realidad virtual. En ella los colaboradores pueden observar cómo los diferentes vehículos en ventas muestran sus características técnicas. De esta manera, los vendedores podrán explicar de mejor forma las bondades de cada vehículo, brindando una experiencia de compra más detallada y completa (Lozano *et al*, 2022).

- **Entrenamiento en el área de salud:** En esta plataforma se entrenan a personal de salud. Se le brindan diferentes escenarios en donde los pacientes muestran diferentes comportamientos. Uno de ellos es cuando el paciente sufre de estrés intenso. En la plataforma ellos pueden emplear técnicas apropiadas para poder calmar al paciente (Lozano *et al*, 2022).

6.3. Metodologías de aprendizaje

El humano es un ser cambiante que se renueva con el paso del tiempo. Con ello también los intereses y las maneras por aprender. Según Montero (2017) las metodologías tradicionales (conductistas) ya no generan el deseo de aprender, sino más bien el aburrimiento y desmotivación, por lo que es necesario contar con mejores estrategias para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

6.3.1. Realidad virtual como herramienta de aprendizaje

La sociedad actual está inmersa en un mundo tecnológico. Las prácticas educativas fundamentadas en realidad virtual permiten optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como fomentar el acceso a la información de carácter inmediato, móvil y ubicuo, además incrementa la motivación por parte del alumnado, ya que los incentiva a trabajar con realidades diferentes López Belmonte y col., 2019. Según Sousa-Ferreira et al. (2021) la realidad virtual es una herramienta que puede ayudar a transformar modelos educativos, aportando mejoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero se debe tomar en cuenta el caso, ya que no necesariamente significa una mejora. Para el caso de este proyecto, los terremotos son acontecimientos que suceden de manera súbita y son difíciles de replicar. La realidad virtual en este caso presenta una ventaja, pues permite simular un sismo e integrar enseñanzas al usuario.

6.3.2. El constructivismo

El origen del constructivismo se lo puede encontrar en las posturas de Vico y Kan planteado ya en el siglo XVIII e incluso antes con los griegos. Uno de los primeros fue un filósofo napolitano que escribió un tratado de filosofía en el cual sostenía que las personas, en cuanto seres que elaboran explicaciones de lo que sucede en el mundo, solo pueden conocer aquello que sus estructuras cognitivas les permiten construir. Cuando se asocia el constructivismo con la educación, a menudo, se encuentra que el principal problema es que este enfoque se ha entendido como dejar libertad a los estudiantes para que aprendan a su propio ritmo, lo cual, puede llegar a interpretarse que el docente no se involucra en el proceso, solo proporciona insumos y luego dejan que los estudiantes construyan su conocimiento. Esta es una concepción equivocada, pues el constructivismo lo que propone es que existe una interacción entre el docente y los estudiantes, de tal forma que se pueda llegar a una síntesis productiva para ambos, y en consecuencia, que los contenidos son revisados para lograr un aprendizaje significativo (Ortiz, 2015).

Las premisas del constructivismo son: 1) el sujeto construye su propio conocimiento a partir de la interacción que realiza con el medio u objeto de conocimiento, 2) el sujeto, al ser un activo constructor de conocimiento, utiliza las representaciones internas, para interpretar y explicar lo que sucede a su alrededor, 3) el sujeto pone en acción el conocimiento previamente adquirido para poder reestructurarlo, lo cual se convierte en una nueva representación interna de la realidad, 4) el sujeto al mismo tiempo que construye conocimientos transforma su cognición, haciendo de este cambio un proceso evolutivo, 5) el sujeto está en constante transformación a través de la interacción con el objeto de conocimiento o medio que lo rodea (Guerra, 2020).

6.4. Metaverso

Históricamente, el término fue acuñado por Neal Stephenson en su novela de ciencia ficción titulada *Snow Crash* publicada en 1992. En su libro se describe un mundo digital que existe de manera paralela al mundo real. Si lo vemos acompañado de la evolución de la tecnología, la evolución del internet y la computación comenzó con correos, mensajes y usuarios, que básicamente era información presentada en texto. Luego, se convirtió en algo más audiovisual y se integraron fotografías, videos y conferencias. El siguiente paso para la interacción y la experiencia será en 3D. Muchos expertos ven al metaverso como un modelo en 3D del internet. Las aplicaciones para el metaverso son muy diversas, desde sectores económicos, entretenimiento, moda, incluso fiestas, según expertos el mejor caso de uso para esta tecnología será para la educación (Joshi, 2022). Según Lovich (2022) “el término Metaverso es usado para describir una combinación entre los mundos de realidad virtual y realidad mixta accedidos a través de navegadores o cascos de realidad virtual, lo cual permite a las personas tener interacciones en tiempo real y experiencias a pesar de la distancia”.



Figura 5: Simulación de un laboratorio sobre la forma y movimiento de bacterias en realidad virtual.

(Labster, 2022)

6.4.1. El Metaverso y la educación

El Metaverso será un parteaguas en el campo de la educación, pues proveerá mayor interacción con las áreas a aprender. Las capacidades cinemáticas permite que se puedan aprender temas técnicos que conlleven práctica, como realizar servicio manual a un vehículo. Con la ayuda de *Ossso VR* será posible practicar novedosas técnicas en cirugía como una manera de entrenamiento antes de hacerlo en el mundo real. Incluso si se estudian temas biológicos, se puede visualizar animales que habitan en la gran barrera de coral junto con el instructor David Attenborough cuyo contenido se encuentra disponible en Oculus TV ([Meta], 2021).

Hoy en día se está desarrollando tecnología relacionada con el metaverso y la educación con niños. Una escuela en los Estados Unidos (American High School) está promocionando ofertas de realidad virtual. Esta escuela es privada y acreditada para brindar clases en línea desde el 2004 y se han inscrito más de 8000 alumnos en primaria. Otra escuela en Florida, Optima Classical Academy, creó su propia plataforma de realidad virtual con el fin de tener avatares y desarrollar sus actividades en dicho ambiente. Existen planes para ayudar a educadores en el Metaverso. Tal es el caso de la compañía k20 quienes lanzaron Eduverse. Lo definen como el centro del metaverso para educadores. Esta plataforma brinda la oportunidad de conectar maestros y administradores en un mundo virtual compartido, donde puedan aprender, conocer a más personas y avanzar en sus carreras. Incluso a nivel universitario se han desarrollado otras plataformas como laboratorios como Labster. También la compañía Dreamscape Immersive, quienes desarrollaron Dreamscape Learn quienes ofrecen laboratorios llamados “Immersive Biology at the Alien Zoo”. Estos son considerados

laboratorios de nivel universitario para la introducción a Horn, 2022).

6.5. Diseño centrado en el usuario

El diseño centrado en el usuario (DCU) brinda una guía para el diseño y desarrollo de un producto mientras se enfoca en la profunda comprensión de quién usará el producto. Esta comprensión se obtiene al involucrar a usuarios en todas las fases de diseño y pruebas. Es importante mencionar que este proceso no especifica métodos exactos para cada fase. Provee un lenguaje común para científicos, interesados y usuarios finales (Gladkiy, 2021).

La usabilidad es la eficacia, eficiencia y la satisfacción de usuarios quienes logran un objetivo específico en un contexto en particular. Para un mejor entendimiento de eficacia, se hace referencia a la precisión y la completud con las que el usuario puede lograr alcanzar un objetivo. Ante esto también se debe considerar que el producto debe ser amigable, es decir, que cualquier usuario pueda usarlo y no solo personas con conocimientos técnicos en computación (Kamińska y col., 2022).

Antony Conboy (2019) menciona que durante este proceso se pueden definir cuatro fases importantes:

Investigación. Se trata de definir el usuario final que usará nuestro producto. Esta etapa es importante, ya que impacta en posteriores fases. Una herramienta útil para utilizar es la creación de personas. Se trata de describir a una persona que representa a un usuario final. La información se puede obtener del resultado de la investigación de los potenciales usuarios. Además, se puede combinar con entrevistas o encuestas para obtener información valiosa. SurveyMonkey es una herramienta que permite realizar encuestas en línea, definiendo cierta demografía, esto es útil cuando no tenemos suficientes personas a entrevistar. Se debe tomar en cuenta que esta herramienta es de pago. Las entrevistas pueden lograr que las partes interesadas se involucren, además, permite definir de mejor forma los requerimientos (Conboy, 2019).

Conceptualización. Se trata de definir cómo resolver el problema. Una herramienta útil para esta fase es *customer journey map*. Esta herramienta permite conocer las dificultades que tiene los usuarios mientras realizan cierta operación o actividad. Este mapeo se puede realizar con algo muy simple como texto o con elementos gráficos que ayuden la comprensión. Es recomendable que sea lo más específico y explícito posible. De esta manera se comprenderá de mejor manera todos los retos y procesos que realiza el usuario (Conboy, 2019).

Diseño. Se trata de llevar a cabo la solución. Esto se puede hacer a través de prototipos cuya fidelidad incrementa conforme se conozca más sobre el usuario y la interacción con el sistema (Conboy, 2019).

Pruebas. Es importante que los usuarios comprendan de forma fácil los elementos que componen nuestra solución con el fin de que la interacción sea adecuada. Las pruebas facilitan esta evaluación. Se pueden usar herramientas como ordenamiento de cartas o mapeo de árbol para conocer en dónde están nuestros elementos y los flujos de interacción que tienen los usuarios con la interfaz (Conboy, 2019).

6.5.1. Pruebas de usabilidad en realidad virtual

Dado que en el desarrollo de este proyecto se está considerando al usuario como el centro de la construcción de la solución, es necesario considerar las pruebas a los usuarios con el fin de tener datos en donde se reflejen los puntos a mejorar en la aplicación. Estas pruebas hoy en día se están convirtiendo en algo tangible para realidad virtual, ya que no existían. En algunas pruebas se puede considerar el uso de cascos de realidad virtual y el seguimiento de manos, así como sensores de electroencefalografía, grabaciones de video y cuestionarios para la obtención de datos subjetivos de los usuarios.

Las pruebas de usabilidad son una técnica para la evaluación de productos que permite involucrar a usuarios finales, ya que de esta manera se puede conocer cómo será su interacción. Existen dos tipos de pruebas de usabilidad:

Pruebas formativas: Estas pruebas son utilizadas en etapas iniciales. Permiten identificar y proveer soluciones para resolver problemas de diseño en interfaces. Además, permite identificar los elementos que son valioso y los que no. Estas pruebas generalmente son realizadas con un número pequeño de usuarios (5-7). La información obtenida en este tipo de pruebas está basada en la calidad del diseño. Son conocidas también como pruebas cualitativas (Kamińska y col., 2022).

Pruebas sumativas Estas pruebas son realizadas para probar la eficacia del diseño final. Generalmente, son conducidas cuando el producto ha sido lanzado al mercado. Brindan una evaluación indirecta del diseño bajo la perspectiva de una muestra más grande, generalmente se recomiendan más de 50 usuarios. Usualmente, son de forma remota. El objetivo es poder recuperar métricas y la información generalmente está dada de manera cuantitativa. Es por ello que a este tipo de pruebas se le conoce como pruebas cuantitativas (Kamińska *et al*, 2022).

Usualmente, se utilizan instrumentos de evaluación estandarizados como el sistema de escala de usabilidad (en inglés SUS), encuestas o entrevistas. Estas métricas brindan datos cualitativos. Existen técnicas para obtener datos cuantitativos como análisis de sentimientos o detección de bioseñales Kamińska y col., 2022.

6.6. *Design Thinking*

Este método se basa en principios de diseño centrado en el usuario. Permite conocer de mejor manera las necesidades de los usuarios y con ello desarrollar soluciones de mayor impacto. Se utiliza en diversos campos de la innovación, llegando a ser una metodología completa capaz de resolver problemas complejos. No solo se basa en crear productos y servicios, también brinda la capacidad para ser intuitivo, reconocer patrones y construir ideas con significado emocional (Castillo *et al*, 2022).

Marful *et al.* (2022) mencionan 5 fases del *Design Thinking*:

- **Empatizar:** Refuerza la necesidad de entender la situación desde la perspectiva del usuario. Fundamentalmente, intenta obtener información de la situación como un todo

para comprender las necesidades. Permite involucrarnos en el problema (Marful *et al.*, 2022).

- **Definir:** En esta fase se analizan los resultados de la etapa de empatía. Este proceso permite la reflexión del problema de forma que se generen el plan o el conocimiento de una necesidad por remediar. En esta fase se integran investigación con el fin de crear conocimiento a través de la información disponible (Marful *et al.*, 2022).
- **Ideación:** Ahora el problema comienza a ser más obvio. En esta fase se transforma el problema en posibles soluciones (Marful *et al.*, 2022).
- **Prototipar:** En esta fase la solución es materializada. En esta etapa la creatividad forma las ideas abstractas en algo auténtico, tangible y real. Se pretende traer a la realidad la idea con el fin de mostrarle al cliente y recibir realimentación. Se inicializa con un prototipo básico y se refuerza por cada realimentación recibida (Marful *et al.*, 2022).
- **Prueba:** En esta fase los comentarios y mejoras del prototipo son recibidos. El propósito es buscar que la solución empate con las necesidades del usuario (Marful *et al.*, 2022).

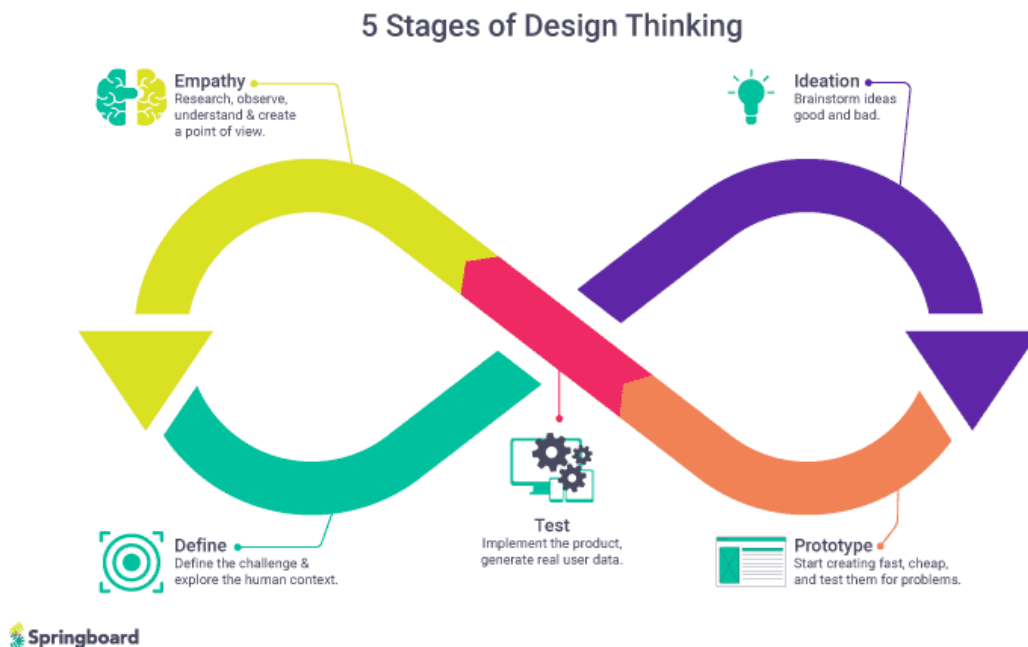


Figura 6: Fases del *Design Thinking*.

(Gupta, 2020)

6.6.1. Perfil de personalidad de un pensador de diseño

Brown (2008) menciona que los pensadores de diseño no tienen por qué enmarcar en estereotipos de diseñadores, al contrario, lo único necesario por desplegar son las actitudes y características correctas como:

- **Empatía:** Capacidad de imaginar el mundo desde múltiples perspectivas, adoptando el enfoque "poner primero a la gente"(Brown, 2008).
- **Pensamiento integrador:** Además de tener procesos analíticos, se debe contar con la capacidad de ver todos los aspectos sobresalientes y crear soluciones que van más allá de las alternativas existentes, mejorándolas drásticamente (Brown, 2008).
- **Optimismo:** Por muy difíciles que sean las situaciones hay al menos una posible solución que es mejor que las alternativas existentes (Brown, 2008).
- **Experimentalismo:** Las innovaciones significativas no proviene de pequeños ajustes incrementales (Brown, 2008).
- **Colaboración:** La creciente complejidad de los productos, servicios y experiencias han reemplazado el mito de genio creativo solitario con la realidad del colaborador entusiasta interdisciplinario (Brown, 2008).

El presente proyecto propone una metodología aplicada, pues se pretende plantear una solución al problema relacionado con la falta de herramientas y a la poca diversificación de mecanismos para educar a la población respecto a riesgos asociados a terremotos en Guatemala. Además, se profundizará al nivel formativo con el fin de proponer una alternativa a solución. El origen de los datos será de campo dado a que se realizarán pruebas de usabilidad a los usuarios para conocer cómo logran interactuar con la plataforma. En cuanto a temporalidad se define el proyecto como sincrónico, no se tomará la variable de tiempo dado a que se enfoca en el comportamiento del fenómeno y la planeación y diseño de una solución. Se planea el proyecto para el segundo ciclo del año universitario, comprendiendo los meses desde julio hasta noviembre del año 2022. A continuación se detallan las fases que se llevaron a cabo durante el desarrollo del prototipo.

Se comenzó utilizando el método de *Design Thinking* para profundizar y comprender la extensa problemática de los desastres naturales en Guatemala. Con esta herramienta se empatizó con la población e identificó una problemática más enfocada. También se obtuvieron requerimientos y necesidades que dichas personas afronta. Con esto en mente se comenzó a idear, logrando así crear una posible solución a la problemática encontrada. Luego, se empleó diseño centrado en el usuario para poder crear una aplicación adecuada para los niños. Finalmente, se emplearon pruebas de usabilidad para medir la facilidad que tiene los niños a la hora de utilizar la aplicación de realidad virtual y la contribución que tiene en cuanto a la preparación ante terremotos. Se muestra en la Figura 7 la metodología empleada en este proyecto. A continuación se describe de mejor manera cada fase.

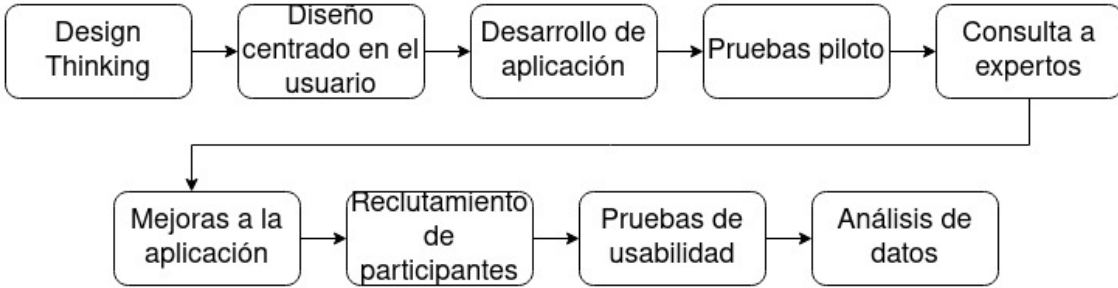


Figura 7: Descripción de los pasos generales utilizados en la metodología.

7.1. *Design Thinking*

Para el desarrollo de cada fase se tomaron en cuenta diversas herramientas. A continuación se detalla cada fase:

Empatía. Durante esta fase se emplearon entrevistas junto con mapas de empatía. En ellos se plasmaron las perspectivas que cada persona. Para esta fase se tomaron en cuenta diferentes actores dentro de la problemática de desastres naturales en Guatemala. Los cuales se listan a continuación:

- Niños y jóvenes
- Padres de familia
- Personal médico
- Personal de auxilio (Bomberos)

Definición. Para esta fase se esquematizó el problema con un árbol de problema y se siguió entrevistado a actores involucrados, llegando así a definir los principales requerimientos para el desarrollo de la aplicación. Durante esta fase se redactó el problema siendo el siguiente: “*La población estudiantil de nivel medio y superior requieren metodologías de enseñanza innovadoras para la preparación ante terremotos*”.

Requerimientos del usuario
El <i>software</i> debe proveer información para la preparación ante terremotos.
El <i>software</i> debe proveer una simulación de un terremoto.
La interfaz gráfica del <i>software</i> debe estar enfocada en niños.
El <i>software</i> debe comunicar la importancia de la preparación ante terremotos en Guatemala de manera divertida.

Cuadro 4: Principales requerimientos del usuario identificados.

Ideación. En esta etapa se utilizó la técnica de lluvia de ideas, al igual que *brainwriting*, esta última se trata de una técnica en que los usuarios redactan sus ideas, posteriormente se recaba y se discuten tomando en cuenta que las ideas son anónimas, esto es beneficioso cuando se cuenta con una población tímida. En esta fase se concretó la posibilidad de

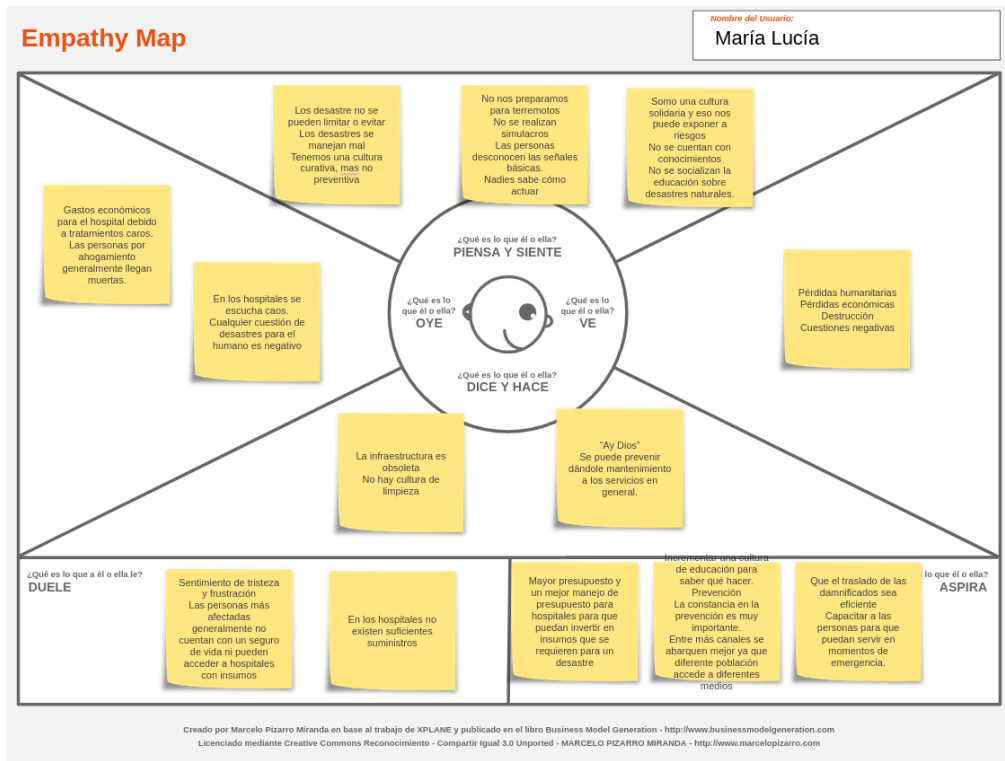


Figura 8: Mapa de empatía con la perspectiva de una doctora respecto a los desastres naturales en Guatemala.

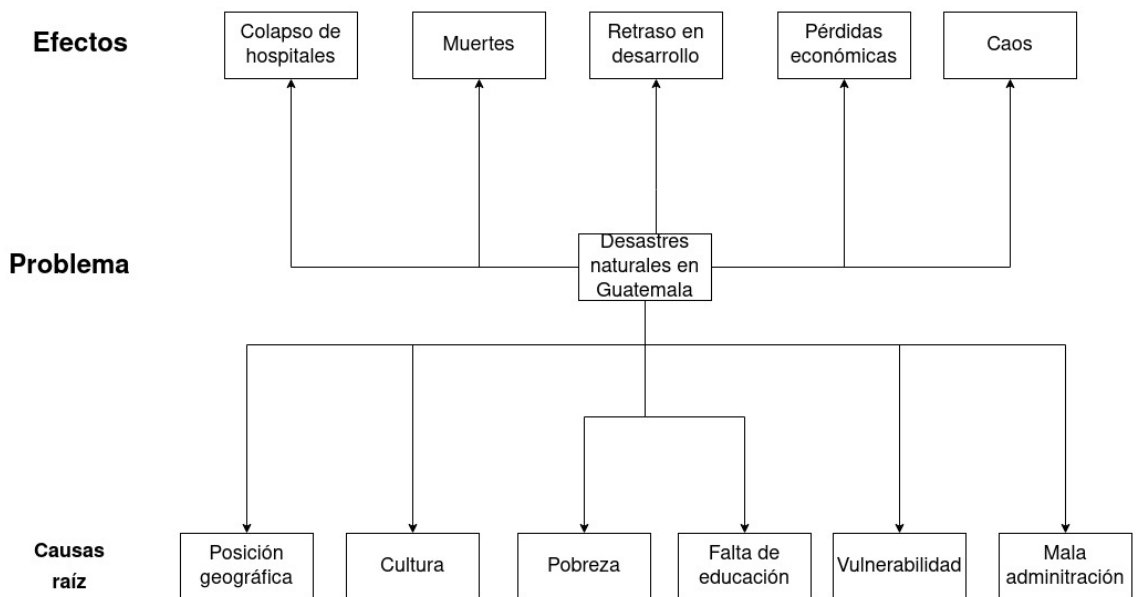


Figura 9: Árbol del problema sobre desastres naturales.

desarrollar un entorno de realidad virtual para explicar y mostrar los diferentes elementos y consejos que se deben aplicar durante un terremoto.



Figura 10: Lluvia de ideas generadas para definir una solución a la problemática establecida en la etapa de definición.

Prototipado. Para la fase de prototipado se emplearon *storyboards*, *mockups* y prototipos. El prototipo inicial comenzó con una fidelidad baja y a través de entrevistas y pruebas se comenzó a detallar de mejor manera, logrando una fidelidad mayor. Las pruebas consistieron en pruebas de usabilidad y consulta a expertos. Estas pruebas se explicarán más adelante.

7.2. Población

La población objetivo en este proyecto son niños y niñas comprendidos entre 10 a 14 años de edad. Se define esta población a raíz del problema inicial. Residentes urbanos del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala. Estudiantes de 5.^o y 6.^o de primaria. Su lengua materna es español. Se escogió esta población, ya que según la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (2016) , involucrar a la población joven en los programas de prevención es una manera de fortalecer la resiliencia como comunidad y ayudar a desarrollar futuras generaciones de adultos preparados.

7.3. Tecnología

El proyecto está orientado a plataformas móviles con el fin de que la tecnología sea asequible para la mayoría de la población. Se consideró utilizar Google Cardboard para los visores y Unity como motor de videojuegos para el desarrollo de la aplicación.

Juan se colocó los lentes de realidad virtual y comenzó a ver cómo era un terremoto. Juan sentía que si estaba sucediendo un terremoto realmente. Entre ruidos y estruendos, Juan comenzó a sentir pánico pero de repente apareció un personaje quien le indicó qué tenía que hacer para mantenerse a salvo.



Todos sus compañeros estaban muy felices por tener una clase tan interesante. Los lentes de realidad virtual permitían conocer los diferentes escenarios en donde podría suceder un terremoto y siempre aparecía un personaje quien les indicaba qué hacer para mantener la calma y salvar su vida. Después de esta clase Juan sintió mucha tranquilidad. Juan y sus compañeros sabían qué hacer ante un terremoto.



Continuará ...

Figura 11: Sección de la *storyboard* creada para comunicar la idea del proyecto a niños y recibir realimentación.

7.4. Diseño centrado en el usuario

Tras concluir la fase de *design thinking* se obtuvo la problemática, los requerimientos y la posible solución. Con esto se dio inicio al diseño centrado en el usuario. Para ellos se emplearon las siguientes fases:

Investigación. Aquí se definió al usuario final. Para ello se creó un perfil que recaba los atributos principales. Estos perfiles son llamados Personas y son arquetipos hipotéticos de nuestros usuarios.

Conceptualización. Aquí se definieron las dificultades que afronta el usuario a la hora de prepararse ante un terremoto. Esto se realizó con ayuda de un *customer journey map*. Con base a las entrevistas de empatía en el proceso de *design thinking* se identificaron puntos en que se podría mejorar la explicación de terremotos y la preparación adecuada ante ellos.

Diseño. Aquí se tomaron en cuenta las fases anteriores y se comenzó a prototipar una aplicación de realidad virtual para preparar a niños a la hora de un terremoto. Las primeras iteraciones incluyen una escena que simulaba un terremoto.

Pruebas. En esta fase se realizaron pruebas piloto para comenzar a tener realimentación de los usuarios finales con el producto. Además, se involucraron a personas interesadas en la problemática como educadores, psicólogos, personal de preparación de CONRED y de la Universidad del Valle de Guatemala. A continuación se detallan dichas pruebas piloto.

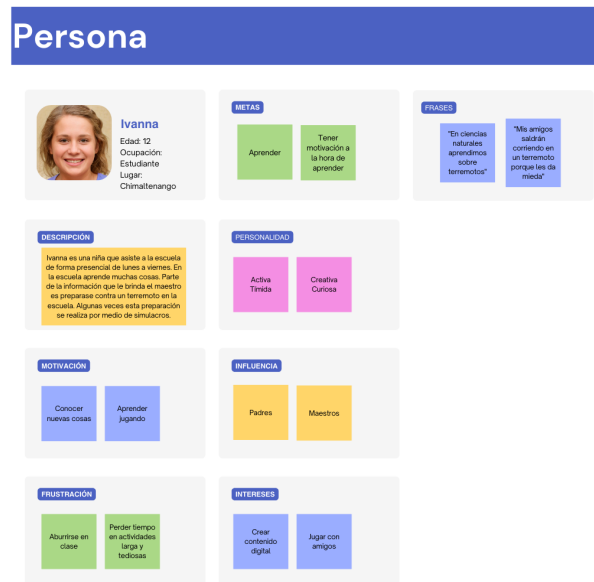


Figura 12: Definición de persona.

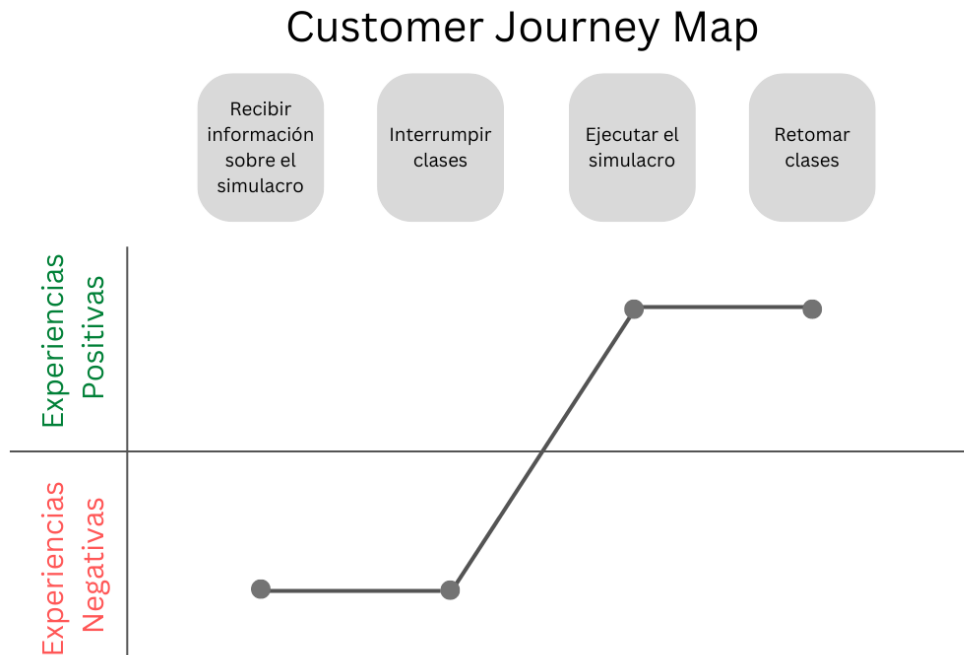


Figura 13: *Customer journey map.*

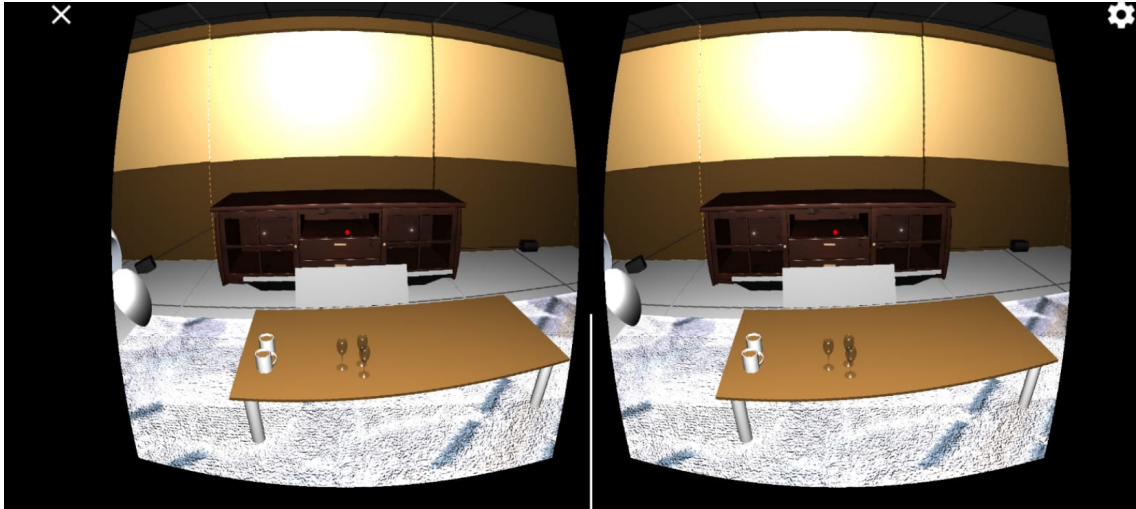


Figura 14: Etapas iniciales del prototipo de realidad virtual.

7.4.1. Evaluaciones formativas

Para validar que los usuarios finales cuenten con una experiencia adecuada al utilizar la realidad virtual, se emplearon las siguientes evaluaciones formativas sobre el prototipo:

- **Encuestas.** Se realizaron encuestas con preguntas cerradas con el fin de conocer aspectos a mejorar en la aplicación. Estas fueron respondidas luego que el usuario experimentó la realidad virtual. La herramienta empleada para conducir estas encuestas fue Google Forms y las respuestas fueron analizadas con esta misma herramienta.
- **Entrevistas.** Las entrevistas realizadas fueron abiertas con el fin de conocer la experiencia del usuario con la realidad virtual, al igual que las encuestas fueron realizadas después de probar el prototipo.
- **Grabaciones.** Con el fin de visualizar cómo los usuarios navegaban en la realidad virtual y con los lentes Google Cardboard se compartió la pantalla del teléfono en donde se estaba ejecutando la simulación. Se realizó con una sesión en Zoom, en donde se contaba con dos integrantes, la computadora del evaluador y el teléfono que ejecutaba la aplicación de realidad virtual. Desde el teléfono se compartía pantalla y se visualizaba en la computadora.
- **Evaluación heurística.** Esta evaluación se realizó como un método inicial para conocer problemas de usabilidad en la aplicación. Para analizar los datos recopilados por esta herramienta, se extrajeron las heurísticas con mayor cantidad de problemas identificados y se ordenaron en una tabla. Se incluyó el lugar que con mayor frecuencia este heurístico fallaba.

7.4.2. Consulta a expertos

Para determinar que el desarrollo del producto se encuentra en buen camino se han considerado las pruebas de usabilidad por parte de expertos. Para esto se tomaron expertos en las áreas de aprendizaje y gestión de riesgo. El proceso consistió en mostrarles el producto y realizar una entrevista con preguntas abiertas. De esta manera se lograron identificar varios factores a mejorar, sobre todo en la información y la forma en que esta se presenta. Integrar varios puntos de vista ante la solución a una problemática permite conocer nuevos enfoques y con ello mejorar el producto para que contenga la información adecuada para la prevención ante terremotos y formas en las que los niños puedan aprender. Los expertos que participaron en esta fase fueron: Personal de la dirección de preparación de CONRED, personal de gestión del riesgo de CONRED, personal de seguridad de la UVG, personal de la dirección de estudios a cargo de la gestión de calidad educativa de la UVG y personal de psicología aplicada de la UVG.

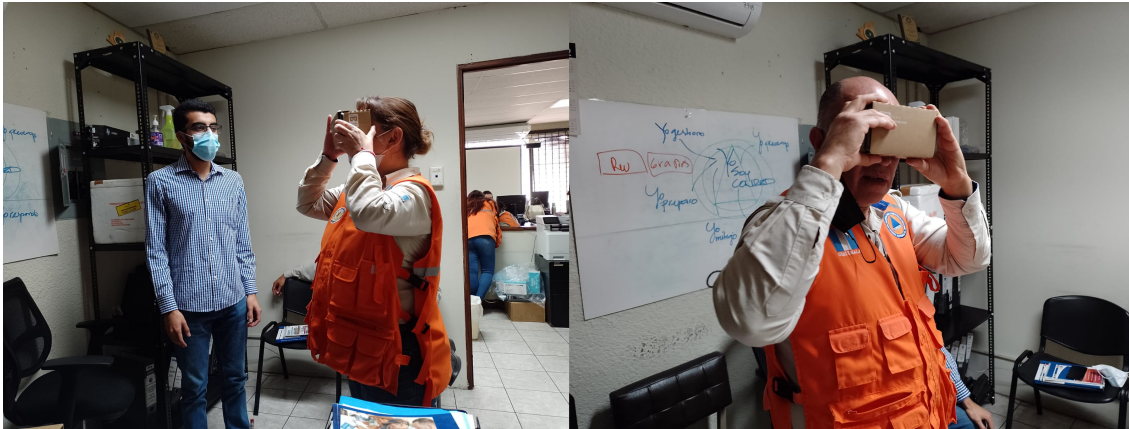


Figura 15: Consulta a expertos por parte de la dirección de prevención de la Coordinadora Nacional para la reducción de Desastres en Guatemala.

7.5. Pruebas de usabilidad

Esta representa la última sección de la metodología. Con estas pruebas se pretendió medir la usabilidad de la aplicación, así como la influencia que tiene en la preparación ante terremotos en niños. Para ello se empleó el siguiente plan de estudio de usabilidad:

7.5.1. Muestra

La muestra para esta fase fueron niños comprendidos entre las edades de 10 y 14 años residentes del departamento de Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

7.5.2. Experiencias previas del usuario

Los niños frecuentan escuelas y colegios. Allí reciben formación académica que incluye preparación ante desastres naturales. Esta preparación es difundida por el Ministerio de Educación con ayuda de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CON-RED). Los principales ejercicios de preparación que reciben los niños son simulacros con ejercicios de escritorio, prácticas de emergencias, ejercicios funcionales y simulacros generales (Ministerio de Educación de Guatemala, 2022). Muchas veces los simulacros no se apegan a la realidad, por lo que los niños pierden interés.

Metas

- Experiencias más apegadas a la realidad.
- Aprendizaje divertido.
- Conocer cómo actuar adecuadamente ante un terremoto.

Puntos de dolor

- Desmotivación.
- Poco involucramiento en las actividades de preparación.
- Aburrimiento.

7.5.3. Descripción del producto

Se trata de un prototipo de realidad virtual compuesto principalmente por tres escenas:

- Escena de acercamiento: Es la primera escena en donde se brinda el primer acercamiento a la realidad virtual y a la interacción con la misma. Aquí se introduce cómo usar el botón de los lentes Google Cardboard y cómo el campo de visión rota cuando se mueve la cabeza del usuario.
- Escena de simulación: Esta escena permite observar cómo es un terremoto. Aquí se le brinda acompañamiento con un robot que narra lo que sucede.
- Escena de recomendación: Esta escena permite mostrar recomendaciones que se deben seguir ante un terremoto.

7.5.4. Matriz de preguntas evaluativas e instrumentos de recolección de información:

Para evaluar el rendimiento y usabilidad de la aplicación de realidad virtual se emplearán un cuestionario inicial, prueba de usabilidad, grabación de audio y un cuestionario

final. Las siguientes preguntas pretenden medir la efectividad de la aplicación, la facilidad y satisfacción por usarla: (1) ¿Qué conocimientos previos tiene el usuario sobre preparación ante terremotos? (2) ¿Es la aplicación de realidad virtual fácil de utilizar? (3) ¿Qué logró comprender el usuario sobre preparación ante terremotos después de usar la aplicación? (4) ¿Qué experimentan los niños a la hora de utilizar la realidad virtual? Estas preguntas están alineadas a los objetivos del presente proyecto.

Preguntas de evaluación	Instrumentos			
	Cuestionario Inicial	Prueba de usabilidad	Cuestionario final	Grabación de audio
¿Qué conocimientos previos tiene el usuario sobre preparación ante terremotos?	X			
¿Es la aplicación de realidad virtual fácil de utilizar?		X		
¿Qué logró comprender el usuario sobre preparación ante terremotos después de usar la aplicación?			X	
¿Qué experimentan sienten los niños a la hora de utilizar la realidad virtual?		X		X

Cuadro 5: Matriz de preguntas evaluativas e instrumentos de recolección de información

7.5.5. Justificación de la elección de instrumentos de medición

Cuestionario pre prueba

Conocimientos previos a usar la aplicación: Evidenciar en qué nivel de conocimiento se encuentra el usuario.

Pruebas de usabilidad

Usabilidad: Se pretende medir qué tan fácil fue usar la aplicación. A través del sistema de escala de usabilidad (en inglés SUS), se pueden extraer aspectos cualitativos de la usabilidad y transformarlos en datos cuantitativos.

Cuestionario post prueba

Conocimientos posteriores: Evidenciar en qué contribuyó la realidad virtual como ayuda en la comprensión de prevención ante terremotos.

7.5.6. Descripción del proceso para la recolección de información

Uno de los propósitos que tiene este proyecto es poder realizar una aplicación de realidad virtual que ayude a niños en temas de prevención ante terremotos. Es por ello que es importante conocer en qué nivel se encuentran respecto a prevención de terremotos para luego conocer si la realidad virtual fue una herramienta útil para explicar los procedimientos adecuados ante un terremoto. Para esto se realizará un cuestionario inicial. Luego, se procede al usuario a mostrarle la aplicación de realidad virtual. Finalmente, se realiza un cuestionario final que básicamente es el mismo que el inicial. Con esto se obtiene información respecto a los aprendizajes que obtuvo el niño con la aplicación.

7.5.7. Criterios de selección de participantes

- Entre 10 y 14 años de edad cumplidos
- Hablar idioma español
- Debe sentirse cómodo utilizando un teléfono
- Debe sentirse cómodo de utilizar los lentes de realidad virtual Google Cardboard
- Consentimiento de los padres o tutores

7.5.8. Esquema de evaluación

Selección de participantes

Para esta prueba se reclutarán a 10 niños comprendidos entre las edades de 10-14 años para participar en el proyecto.

Sesión de introducción

Se les dará a conocer a los participantes el propósito del estudio y los procedimientos de pruebas que se llevarán a cabo. Aquí se realizará la primer pregunta para conocer si el usuario ha tenido experiencia previa con algún aplicativo de realidad virtual.

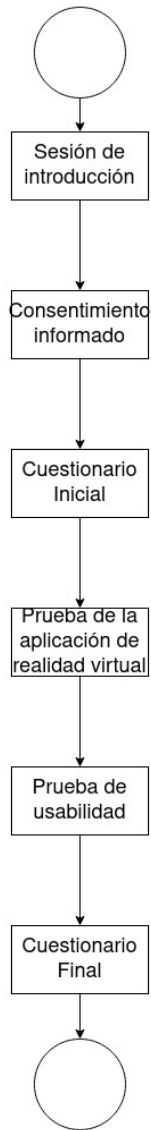


Figura 16: Proceso de recolección de información.

Consentimiento informado

En los cuestionarios realizados en Google Form, se les explicará el objetivo del proyecto y se les hará saber que podrán retirarse de la prueba sin ninguna consecuencia. Además, también se les comunicará a los padres un consentimiento informado.

Responder el cuestionario inicial

Se les brindará un cuestionario en Google Form, con preguntas concernientes a preparación ante terremotos para poder evaluar cuánto conocen del tema antes de probar la realidad virtual.

Probar la aplicación de realidad virtual

Se les brindará el teléfono junto con los lentes Google Card Board para que los usuarios puedan utilizar la aplicación. Durante la prueba de realidad virtual se grabará audio para tener registradas las expresiones o comentarios que el usuario diga durante el uso de la realidad virtual. Además, se medirá el tiempo que le toma a cada participante completar las tareas y el tiempo global que utiliza la aplicación. Esto se realizará grabando la pantalla del teléfono para posteriormente analizar dicho tiempos.

Prueba de usabilidad

Se le brindará al usuario el cuestionario de usabilidad. Responder el cuestionario final: Luego de la experiencia, se les brindará el mismo cuestionario que se les brindó al principio para comprobar qué tanto comprenden respecto a preparación ante terremotos.

Sesión final de comentarios

Luego de todas las pruebas se discutirá respecto a la experiencia con el usuario y se responderá a dudas que el usuario tenga.

7.5.9. Análisis de datos

Cuestionario inicial

El cuestionario se brindará en Google Forms por lo que los resultados se obtendrán como un reporte de Excel. Este aplicativo permite un análisis inicial generando gráficas y barras automáticamente. Se ponderarán las preguntas para obtener un resultado final.

Prueba de usabilidad

La prueba de usabilidad se tradujo al español y modificó con palabras más simples para que los niños comprendieran cada sentencia. Además, la escala de Likert también fue traducida a emojis con el fin de que también fuera comprendida de mejor manera.

Se analizará cada pregunta con su respectiva respuesta dentro de la escala de Likert. El desglose de puntos será:

- Total desacuerdo : 1 pt
- Desacuerdo : 2 pts
- Neutral : 3 pts
- De acuerdo : 4 pts

- Totalmente de acuerdo: 5 pts

Luego se tabularán los puntajes generales de las pruebas utilizando los siguientes pasos:

- Para los ítems impares, la contribución de puntos será la posición en la escala menos 1 obteniendo así (X) puntos.
- Para los ítems pares, la contribución de puntos será 5 menos la posición en la escala obteniendo así (Y) puntos.
- Sumar los puntajes (X+Y) y multiplicarlos por 2.5 para obtener el punteo general. Este punto estará sobre un rango de 0 a 100 puntos.
- El puntaje total será comparado con el puntaje promedio 68 para determinar que tan usable es la aplicación.

Cuestionario final

Este será empleado luego de probar la aplicación de realidad virtual. Será ponderado de la misma forma que fue ponderado el cuestionario inicial. Se compararán los resultados para determinar qué tan influyente fue la realidad virtual al preparar a niños ante terremotos.

8.1. *Design Thinking*

En esta fase se logró enmarcar de mejor forma la problemática. Se estableció el rumbo inicial del proyecto.

8.2. Evaluaciones formativas

Tras definir al usuario final y desarrollar la consulta a expertos, se logró definir mejoras al prototipo. Estas fueron recabadas con las entrevistas y con el análisis que se realizaba al proyectar en la computadora del evaluador la pantalla del teléfono que se utilizaba para visualizar la aplicación de realidad virtual. A continuación una lista de mejoras definidas por los expertos:

- Cambiar el ambiente. El sismo se desarrolla en una sala de una casa, pero se podría considerar crear un ambiente más apegado al los niños como una escuela.
- Quitar la recomendación del triángulo de vida. Esta recomendación depende mucho de la infraestructura del lugar y en Guatemala las casas están construidas de forma diferente según la región.
- Agregarle un personaje que brinde acompañamiento por medio de un diálogo.
- Cambiar las esferas que aparecen en los elementos lúdicos por elementos que puedan entenderse mejor.
- Crear una narración sobre la simulación y entre las escenas.

- Considerar un lenguaje no técnico para comunicar a los niños la información dentro de la aplicación.

A continuación una lista de mejoras definidas por parte de los niños:

- Incrementar la intensidad del terremoto.
- Agregar más elementos a la escena, ya que tiene muy pocos.
- Mejorar los botones, porque no se comprende si son botones o elementos de la escena.
- Mejorar la interacción con los elementos lúdicos, porque es complicado identificarlos.
- Mejorar la interacción con el cursor y los objetos dentro de la escena para saber con qué objetos se puede interactuar y con qué objetos no se puede interactuar.

También, con el cuestionario se lograron conocer ciertos aspectos a mejorar dentro de la aplicación. En este cuestionario se vislumbró que los botones no eran fáciles de ubicar, en gran parte porque eran elementos en 3D dentro de la escena y no manejaban estados (inactivo, presionado, seleccionado) esto no le brindaba realimentación al usuario y complicaba su interacción, como se observa en la Gráfica 1, el 57.1% de usuarios consideraron que era difícil ubicar los botones. Además, otro aspecto de mejora fue en la escena lúdica, en donde se mostraban las recomendaciones por hacer a la hora de un terremoto. Inicialmente, se contaban con esferas que identificaban recomendaciones, estas algunas veces eran difíciles de ubicar, además estaban muy separadas y los usuarios no las lograban encontrar. Estas mejoras también se identificaron con la entrevista.

Las evaluaciones heurísticas también brindaron datos para mejorar la aplicación. Los datos fueron tabulados de tal manera que se colocó la frecuencia de problemas identificados en cada heurística, ver Cuadro 6.

Con estas mejoras se obtuvo un prototipo con mejor diseño. En la Figura 17 se muestra una escena de la realidad virtual.

8.3. Pruebas de usabilidad

Durante esta fase ya se tenía un prototipo con mayor fidelidad. Los problemas identificados en la fase anterior se resolvieron. En esta sección se mostrarán los resultados obtenidos en términos de usabilidad y aporte en preparación a terremotos.

8.3.1. Cuestionario pre y post prueba

En el Gráfico 18 se muestra la distribución de puntos sobre 100 que obtuvieron los usuarios antes y después de probar la realidad virtual. El valor medio de puntos obtenidos antes de probar la realidad virtual fue de 50 puntos. El valor medio de puntos obtenidos después de probar la realidad virtual fue de 80 puntos.

Heurística	Cantidad de problemas identificados	Lugar en la aplicación
Visibilidad del estado del sistema	6	Botones no muestran estado
Similitud entre el sistema y el mundo real	3	El terremoto no es tan fuerte
Control por parte del usuario y libertad	0	
Consistencia y cumplimiento en estándares	3	Las esferas no se comprenden como que fueran elementos que brindan consejos ante un terremoto
Prevención de errores	3	Algunas veces no se logra presionar los botones y no se sabe si se presionó
Preferencia en el reconocimiento frente a la memorización	2	Los botones cambian de color y pasan desapercibidos, no son los mismos en las escenas
Flexibilidad y eficiencia de uso	0	
Diseño estético y minimalista	1	Algunos objetos no se entienden
Comunicar errores con facilidad	0	
Ayuda y documentación	3	Los botones algunas veces no brinda información de qué acción realizan

Cuadro 6: Resultados de evaluaciones heurísticas

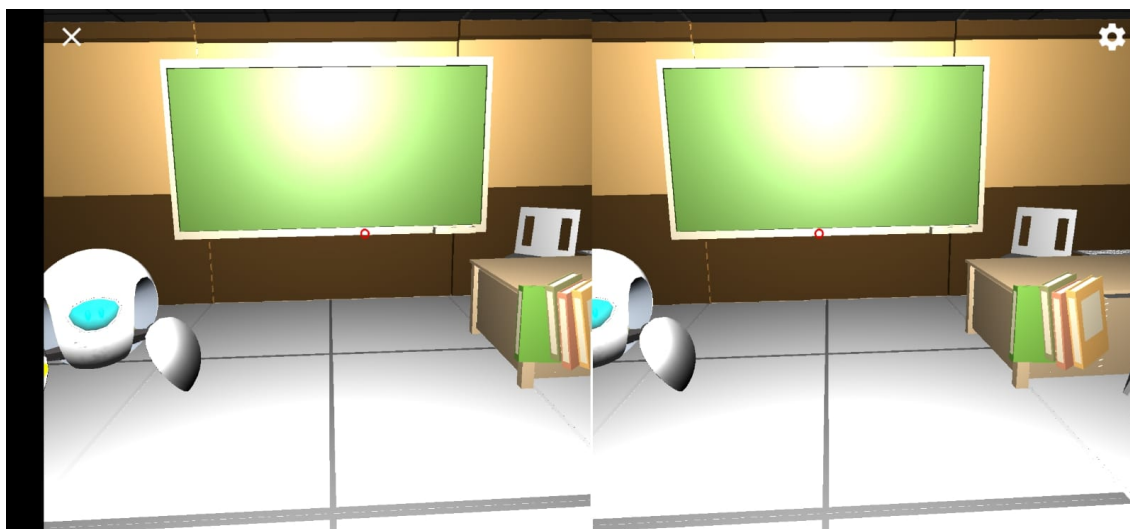


Figura 17: Escena del terremoto. Se observa cómo los libros están cayendo debido al movimiento.

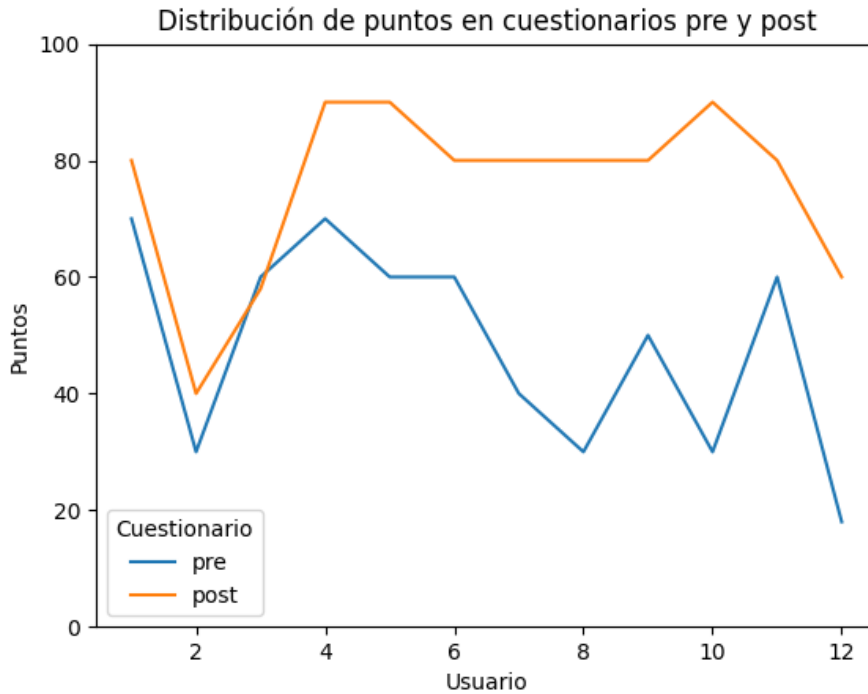


Figura 18: Distribución de puntos entre los cuestionarios pre y post.

8.3.2. Prueba de usabilidad

El Gráfico 19, se muestra las puntuaciones obtenidas en las pruebas SUS. En ella se observa una línea horizontal punteada roja, la cual representa el promedio de 68 puntos, este sirve como punto de comparación y referencia. En el Gráfico 20 se muestra la distribución de puntos que se obtuvieron en cada sentencia de la prueba de usabilidad. Se observa la línea punteada roja, la cual indica el promedio de puntos SUS equivalente a 68 puntos. La puntuación media fue de 70.42 puntos. Además, se investigó las formas de comparar el puntaje obtenido por SUS, para ello se obtuvo un cuadro en el que se clasifican las puntuaciones y se obtienen otras métricas, ver Figura 21.

8.3.3. Grabaciones de audio

Para las grabaciones de audio se lograron parafrasear las siguientes frases:

- “!Está temblando todo”
- “!Se caen las cosas!”
- “Wow”
- “Las ventanas siempre son peligrosas”

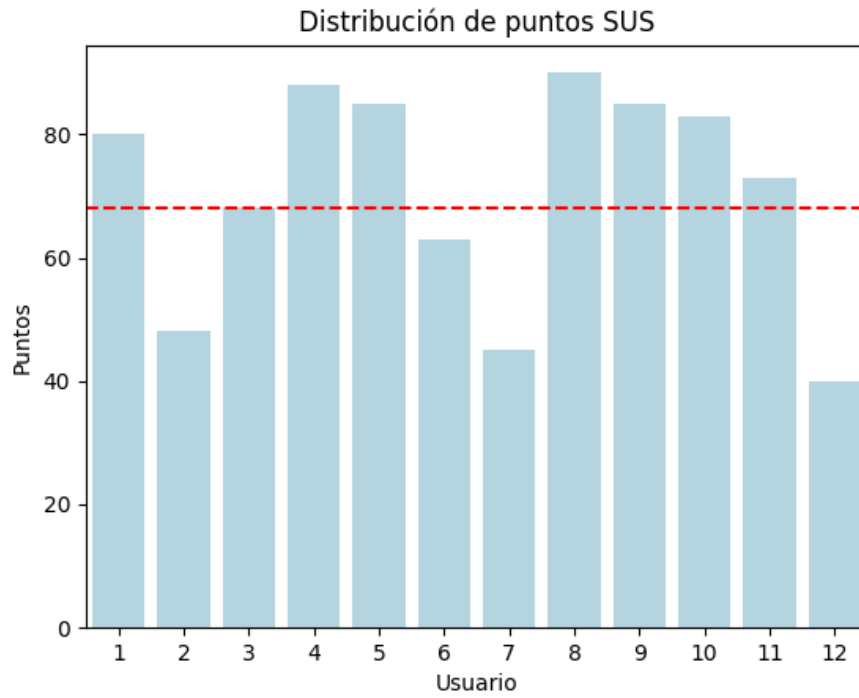


Figura 19: Puntuaciones SUS por usuario evaluado

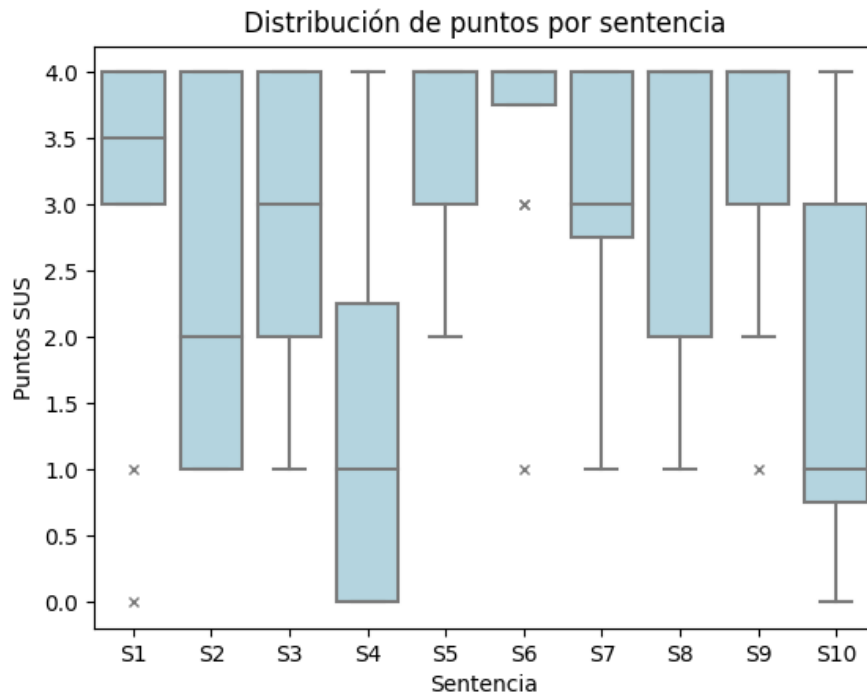


Figura 20: Distribución de los puntos obtenidos con cada sentencia de la prueba SUS.

Grade	SUS	Percentile range	Adjective	Acceptable	NPS
A+	84.1-100	96-100	Best Imaginable	Acceptable	Promoter
A	80.8-84.0	90-95	Excellent	Acceptable	Promoter
A-	78.9-80.7	85-89		Acceptable	Promoter
B+	77.2-78.8	80-84		Acceptable	Passive
B	74.1 – 77.1	70 – 79		Acceptable	Passive
B-	72.6 – 74.0	65 – 69		Acceptable	Passive
C+	71.1 – 72.5	60 – 64	Good	Acceptable	Passive
C	65.0 – 71.0	41 – 59		Marginal	Passive
C-	62.7 – 64.9	35 – 40		Marginal	Passive
D	51.7 – 62.6	15 – 34	OK	Marginal	Detractor

Figura 21: Percentiles, grados, adjetivos y categorías NPS para describir puntuaciones SUS.

(Sauro, 2018)

9.1. *Design thinking*

En la etapa de *design thinking* se observa cómo este método es bastante adecuado al momento de explorar cierta problemática. El acercamiento con las personas permite conocer a profundidad las situaciones y conflictos con que las personas deben luchar. Para este proyecto esta fase fue fundamental. Al inicio se contaba con un problema general y no especificado y tras aplicar design thinking se obtuvo una definición del problema más enfocada y apegada a la realidad. La etapa de empatía fue muy importante, pues se tuvo la oportunidad de establecer conversación con personas de diferentes áreas, con diferentes niveles académicos y diferentes profesiones. Estas charlas brindaron un enfoque de 360 grados. En el cuadro de requerimientos de usuarios se listaron los requerimientos identificados durante la etapa de empatía e ideación. Esta lista fue una de las principales aristas o guías para la definición de una solución. En la etapa de prototipado se realizó una historia (ver Anexos), con esta herramienta se obtuvo realimentación por parte de los niños. Esta fase también fue importante, ya que determinó que la idea generada en etapas anteriores se encontraba por buen rumbo.

9.2. Evaluaciones formativas

En la etapa de diseño centrado en el usuario se definió de mejor manera a los usuarios finales y se identificaron actores que son parte y podrían aportar a la solución. Bajo este esquema se realizaron pruebas sobre la aplicación de realidad virtual. Estas pruebas y entrevistas fueron la guía para mejorar el prototipo. En esta fase el prototipo sufrió la mayor cantidad de cambios. Estos cambios fueron respaldados por los resultados de las entrevistas.

tas, encuestas y evaluaciones heurísticas, llegando así a mejorar el diseño de la aplicación. Se entrevistaron a personas de la dirección de prevención de CONRED quienes brindaron consejos y mejoras útiles para el prototipo. Además, se estableció comunicación para futuros proyectos de esta índole. También se contó con el apoyo de personal de gestión del riesgo, psicología y educación de la Universidad del Valle de Guatemala, quienes aportaron con mejoras al prototipo y consejos para adecuarlo a niños.

9.3. Pruebas de usabilidad

Finalmente, las pruebas de usabilidad fueron empleadas para evaluar la aplicación en términos de usabilidad. Un 58% de las pruebas de usabilidad está por arriba del promedio. El promedio de la nota de la usabilidad obtenida en el SUS es de 70.42 puntos, lo que le brinda a la aplicación de realidad virtual una calificación de C (Sauro, 2018), ver Gráfico 21. Esto apunta que la aplicación se encuentra en un punto marginal dentro de un rango de usabilidad aceptable y se podría calificar con una aplicación buena. Sin embargo, este promedio no es consistente, ya que la desviación estándar es de 17.86 puntos. Además, según los resultados de las discusiones y los cuestionarios, apunta que la herramienta de recolección de información (el cuestionario SUS) no se apegó a los pensamientos de los usuarios. Esto puede atribuirse a dos principales razones: 1) El cuestionario fue traducido al español y simplificado con el fin de que los niños comprendieran cada sentencia; y 2) la escala de Likert utilizando emojis pudo significar confusión para los usuarios. Kiliç *et al.* (2021) mencionan que utilizar emojis en escalas de Likert puede que conduzca a situaciones de indecisión y también se debe considerar el nivel de comprensión lectora.

Se observa en el Gráfico 20 las distribuciones de puntos por cada sentencia. Como se menciona anteriormente, existe una gran amplitud entre los rangos intercuartílicos, por lo que las puntuaciones no muestran mayor consistencia, están muy dispersas. Las sentencias S1 y S9 contienen datos atípicos. Estas sentencias están relacionadas con la frecuencia de uso del sistema y la confianza del usuario al usar el sistema. Estos puntos atípicos se deben en gran parte debido a que algunos niños experimentaron leves mareos luego de usar la aplicación. Este es una de las principales desventajas de Google Cardboard, dado que se utiliza el acelerómetro del teléfono, el seguimiento de la posición de la cabeza no es muy preciso, siendo esta una de las principales causas de dolor de cabeza o mareos para muchos usuarios (Hussein y Nätterdal, 2015). Se observa que las sentencias relacionadas con facilidad de uso (S3), la buena integración entre las funciones (S5) y la facilidad que se supone que otros niños puedan aprender a utilizar la aplicación de forma rápida (S7) tienden a valores por arriba de 3 puntos, por lo que la interacción con el mundo virtual fue sencilla.

Es importante notar que la métrica S4 brinda un resultado positivo, por lo que los niños consideran necesitar ayuda de la maestra para utilizar la aplicación. Esto puede ser en parte por la manera en que se redactó la pregunta. Dado que se adaptó esta oración al lenguaje con niños, así también la interpretación pudo haber afectado. Para los niños, la maestra es un símbolo de autoridad y por estar probando la aplicación en el colegio consideraron útil poder tener el acompañamiento de su guía para brindarles la tecnología (lentes de realidad virtual y teléfono). Finalmente, en cuanto a complejidad (S2) y conocimientos previos para usar la aplicación (S10) se observa que la mayor parte está de acuerdo en considerar la aplicación

levemente compleja. En gran parte se tiene esta percepción debido a que la mayoría de niños y niñas entrevistados nunca había tenido interacción con aplicaciones de realidad virtual.

La comparación entre los cuestionarios pre y post es positiva. Se observa que se obtuvo un 60% de mejora en los promedios de los puntos obtenidos en el cuestionario post prueba frente al cuestionario pre prueba. Esto ayudó a incrementar que el prototipo aportó en los conocimientos que los niños tiene sobre terremotos. Esta herramienta complementa fuertemente la teoría de aprendizaje constructivista. Los niños se sienten empoderados e involucrados en su aprendizaje, ya que tienen control en el mismo (Boyles, 2017).

9.4. Grabaciones de audio

Se lograron parafrasear diferentes frases que los niños mencionaba a la hora de probar la aplicación, sin embargo, la mayor parte de los usuarios no mencionaron mayor comentario durante la prueba, quizás por timidez o por poca experiencia con pruebas de este tipo. Las pocas frases identificadas hacen referencia a una buena experiencia, sobre todo en la parte de la simulación, ya que esa parte se observaba cómo sucedía un terremoto. También, se identificó una frase que se relacionaba conocimientos previos con conocimientos que la aplicación brindaba.

- En términos de preparación para terremotos, la realidad virtual es una herramienta útil para aumentar la comprensión y aprendizaje en los niños.
- Considerar a todos los actores de las áreas importantes en el desarrollo de una aplicación de realidad virtual, permite soluciones más integradas, adecuadas al público objetivo y más amplias, pues no se observa un problema bajo una misma perspectiva.
- La usabilidad de la aplicación desarrollada, aunque en un grado aceptable, refleja áreas de mejora, pues el margen entre la aplicación evaluada y la población de comparación es muy amplio.
- La aplicación de realidad virtual desarrollada es útil para la comprensión de temas relacionados con preparación ante terremotos, logrando una mejora del 60% en los promedios de resultados de cuestionarios pre y post a la prueba de realidad virtual.
- La aplicación de realidad virtual desarrollada ofrece una experiencia de usuario que concuerda con la literatura, ya que los niños muestran emoción y motivación por aprender con realidad virtual, siendo aspectos importantes para el aprendizaje.

Recomendaciones

- Se recomienda a investigadores, desarrolladores y educadores utilizar y/o crear aplicaciones de realidad virtual para otras ramas de aprendizaje.
- Se sugiere a desarrolladores que quieran utilizar la aplicación de realidad virtual desarrollada en este proyecto, que se adapte para tecnología más avanzada como los Oculus e integrarlo con la creciente tecnología del Metaverso.
- Se recomienda a desarrolladores que deseen integren sobre la aplicación desarrollada en este proyecto, integren interacción con otras personas dentro de la simulación del terremoto con el fin de crear aprendizaje relacionado con cooperación ante un terremoto y tener una vivencia aún más real.
- Se recomienda a desarrolladores que estén interesados en utilizar la aplicación desarrollada en este proyecto puedan ampliar el público objetivo a jóvenes.
- Se sugiere a desarrolladores gamificar la escena de enseñanza para atraer más a los usuarios a seguir aprendiendo.
- Se sugiere a desarrolladores que deseen aplicar metodologías basadas en heurísticas similares a las de este proyecto considerar contar con más de 3 evaluadores diferentes en las pruebas heurísticas con el fin de recabar la mayor cantidad de errores que comete el usuario.
- Se sugiere a desarrolladores que deseen extrapolar la aplicación que puedan indagar en temas de realidad aumentada para amalgamar la simulación del terremoto y las escenas lúdicas con los elementos reales del ambiente.
- Se sugiere a desarrolladores, investigadores y educadores que deseen publicar la aplicación desarrollada en el presente proyecto establecer relación con CONRED y el Ministerio de Educación para desplegar la aplicación en escuelas de determinada región.
- Se sugiere a desarrolladores, investigadores y educadores que deseen publicar la aplicación desarrollada en el presente proyecto, establecer relación entidades internacionales como la ONU.

- Se invita a desarrolladores que deseen seguir mejorando la aplicación desarrollada en el presente proyecto integrar a expertos en el análisis de educación con el fin de poder obtener resultados más concretos en términos de los beneficios de la realidad virtual en el aprendizaje.

- Allcoat & von Mühlénen. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Association for learning technology*, 26. https://journal.alt.ac.uk/index.php/rlt/article/view/2140/pdf_1
- Bardi. (2019). What Is Virtual Reality: Definitions, Devices, and Examples. <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/>
- Bolt, B. . A. ., Tarradellas, B. . E. . & Peiró, B. . E. . (2022). *Terremotos (Spanish Edition)* (1.^a ed.). Reverte.
- Boyles. (2017). Virtual Reality and Augmented Reality in Education. *Center For Teaching Excellence, United States Military Academy, West Point, Ny*.
- Brown. (2008). Design Thinking. *Harvard business review*, 86(6), 84.
- Castillo, Alvarez & Cabana. (2022). Design thinking: como guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación. *Ingeniería Industrial*, 35, 301-311. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext%5C&pid=S1815-59362014000300006%5C&lng=es%5C&tlng=pt
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2014). Manual para la evaluación de desastres. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35894/1/S2013806_es.pdf
- Conboy], A. [(2019). The User-Centered Design Process (UCD) - EXPLAINED FAST!! <https://www.youtube.com/watch?v=4xeK9L7WmMM>
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2018). *Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres Guatemala 2018-2022*. https://www.preventionweb.net/files/63655_plannacionalguatemaladigital.pdf
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2021). ¿Qué acciones desarrollar en caso de sismos? <https://conred.gob.gt/que-acciones-desarrollar-en-caso-de-sismos/>
- Dilmegani. (2022). Ultimate Guide to Virtual Reality (VR): What it is, Types & Uses. <https://research.aimultiple.com/virtual-reality/>
- Dragani. (2019). Brain science: Why VR is so effective for learning. <https://www.verizon.com/about/our-company/fourth-industrial-revolution/brain-science-why-vr-so-effective-learning>

- Fabola, A. ., Miller, A. . & Fawcett, R. . (2015). Exploring the past with Google Cardboard. *2015 Digital Heritage*. <https://doi.org/10.1109/digitalheritage.2015.7413882>
- FEMA. (2016). *Youth Preparedness Catalogue* (inf. téc.). https://www.ready.gov/sites/default/files/2019-06/youth_preparedness_catalog_508.pdf
- G2. (2022). Best Virtual Reality (VR) Game Engines. <https://www.g2.com/categories/vr-game-engine>
- Georgieva. (2018). Invertir en prevención: un nuevo enfoque del Grupo Banco Mundial para enfrentar las crisis. <https://blogs.worldbank.org/es/voices/invertir-en-prevencion-un-nuevo-enfoque-del-grupo-banco-mundial-para-enfrentar-las-crisis>
- Gladkiy, S. . (2021). User-Centered Design: Process and Benefits - UX Planet. <https://uxplanet.org/user-centered-design-process-and-benefits-fd9e431eb5a9>
- Golan. (2021). The Best 7 Gaming Engines You Should Consider for 2022. <https://www.incredibuild.com/blog/top-7-gaming-engines-you-should-consider>
- Guerra. (2020). El constructivismo en la educación y el aporte de la teoría sociocultural de Vygotsky para comprender la construcción del conocimiento en el ser humano . *Dilemas contemporaneos*, (2). <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/2033/2090>
- Gupta. (2020). What Are the 5 Stages of Design Thinking? <https://www.springboard.com/blog/design/design-thinking-process/>
- Horn. (2022). Meet the Metaverse. *Education Next*, 22(3). <https://www.educationnext.org/meet-the-metaverse-new-frontier-virtual-learning/>
- Hussein & Nätterdal. (2015). The Benefits of Virtual Reality in Education A Comparison Study. *Universidad de Gotemburgo*. <https://core.ac.uk/download/pdf/43559881.pdf>
- Joshi, S. . (2022). What Is the Metaverse? An Explanation for People Who Don't Get It. <https://www.vice.com/en/article/93bmyv/what-is-the-metaverse-internet-technology-vr>
- Kamińska, D. ., Zwoliński, G. . & Laska-Leśniewicz, A. . (2022). Usability Testing of Virtual Reality Applications—The Pilot Study. *Sensors*, 22(4), 1342. <https://doi.org/10.3390/s22041342>
- Kiliç, Uysal & Kalkan. (2021). An Alternative To Likert Scale: Emoji. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*. <https://doi.org/10.21031/epod.864336>
- Labster. (2022). Bacterial Shapes and Movement Virtual Lab. <https://www.labster.com/simulations/bacterial-shapes-and-movement-new>
- López Belmonte, J. ., Pozo Sánchez, S. ., Morales Cevallos, M. B. & López Meneses, E. . (2019). Competencia digital de futuros docentes para efectuar un proceso de enseñanza y aprendizaje mediante realidad virtual. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (67), 1-15. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.67.1327>
- Lovich, D. . (2022). What Is The Metaverse And Why Should You Care? <https://www.forbes.com/sites/deborahlovich/2022/05/11/what-is-the-metaverse-and-why-should-you-care/?sh=1faf6e522704>
- Lozano, Cooper & Soto. (2022). The Application Of Scenario-Based Learning In VR Training Programs: 3 Use Case Examples. <https://elearningindustry.com/application-of-scenario-based-learning-in-vr-training-programs>
- Lynch. (2021). Exploring Scenario-based Learning For Young Students. <https://www.thetechedvocate.org/exploring-scenario-based-learning-for-young-students/>
- Marful, A. B., Danquah, J. A., Ansah, M. ., Ben-Smith, P. . & Duah, D. . (2022). DESIGN THINKING AS AN EFFECTIVE TOOL FOR ARCHITECTURAL PEDAGOGY:

- Challenges and benefits for Ghanaian schools. *Cogent Arts & Humanities*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/23311983.2022.2051828>
- Martynenko. (2022). Unreal engine vs. Unity 3D. The 2022 overview. <https://pinglestudio.com/blog/full-cycle-development/unreal-engine-vs-unity-3d>
- [Meta], M. (2021). El metaverso será un espacio social. <https://www.youtube.com/watch?v=Uvufun6xer8&t=1927s>
- Ministerio de Educación de Guatemala. (2022). *Guía para la gestión del riesgo en centros educativos y espacios de aprendizaje* (2.^a ed.). https://www.mineduc.gob.gt/digecur/documents/apoyo-docente/Guia_CONRED.pdf
- Montero. (2017). Aplicación de juegos didácticos como metodología de enseñanza: Una revisión de la literatura. *Pensamiento matemático*, 7(1), 75-92. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6000065.pdf>
- Naciones Unidas. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo. (2020). Nota de Planificación para el Desarrollo N°8. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/nota/la-planificacion-para-el-desarrollo-y-la-gestion-del-riesgo-de-desastres>
- Ofician de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). *Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres*. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Ortiz. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophía*, 1(19), 93. <https://doi.org/10.17163/soph.n19.2015.04>
- Quevedo. (2020). Prepararnos para reducir los riesgos a los desastres naturales. <https://www.undp.org/es/guatemala/blog/prepararnos-para-reducir-los-riesgos-los-desastres>
- Rey. (2009). Invertir hoy para reducir desastres futuros. *Instituto de estudios sobre conflictos y acción humanitaria*. <https://reliefweb.int/report/bangladesh/invertir-hoy-para-reducir-desastres-futuros>
- Sauro. (2018). 5 Ways to Interpret a SUS Score. <https://measuringu.com/interpret-sus-score/>
- Segura & Osorio. (2021). XVI Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento - JIISIC 2021 Usabilidad en aplicaciones de Realidad Virtual Inmersiva Accesible e inclusiva Multi-escenario: Caso práctico. *Investigación e innovación en ingenierías*. <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/5563/5336>
- Sensoryx. (2022). Tracking Solution For The Metaverse : User-interaction of the future. <https://www.sensoryx.com/>
- Sjöberg & Graeske. (2021). VR-Technology in Teaching: Opportunities and Challenges. *International Education Studies*, 14(8), 76. <https://doi.org/10.5539/ies.v14n8p76>
- Sousa-Ferreira, R. ., Campanari-Xavier, R. A. & Rodrigues-Ancioto, A. S. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223-241. <https://doi.org/10.21830/19006586.728>
- Srdanovic, Aristizabal, Fulla & Florez. (2012). Ondas sísmicas y sensores inalámbricos: Herramientas potenciales para la prospección de subsuelos a baja profundidad. *Cintex*, 17(80-95). <https://www.researchgate.net/profile/Victor-Aristizabal/publication/>

263090561_Ondas_sismicas_y_sensores_inalambricos_herramientas_potenciales_para_la_prospeccion_de_subsuelos_a_baja_profundidad/links/54d2acae0cf2501791801d8d/Ondas-sismicas-y-sensores-inalambricos-herramientas-potenciales-para-la-prospeccion-de-subsuelos-a-baja-profundidad.pdf

Taboada. (2021). El enfado de la naturaleza que ha cambiado la historia. *Desastres Naturales*. <https://tysmagazine.com/cuando-la-naturaleza-se-enfada-los-desastres-naturales-mas-peligrosos/>

Torro, O. ., Jalo, H. . & Pirkkalainen, H. . (2021). Six reasons why virtual reality is a game-changing computing and communication platform for organizations. *Communications of the ACM*, 64(10), 48-55. <https://doi.org/10.1145/3440868>

Tost. (2021). Game engines. <https://www.cs.upc.edu/~dani/VR/VR-S4.pdf>

Useche. (2020). Gestión del riesgo de desastre: clave para reducir el impacto de las amenazas naturales sobre las personas y su entorno. <https://blogs.iadb.org/conocimiento-abierto/es/gestion-riesgo-reducir-impacto-amenazas-naturales/>

13.1. Despliegue de aplicación de realidad virtual

El despliegue de una aplicación de realidad virtual depende de varios factores, uno de ellos es el sistema operativo en donde se ejecutará la aplicación. Para este proyecto se trata de teléfonos inteligentes con sistema operativo Android. Existe dos maneras de publicar en Android: Distribución propia, se puede tomar el archivo .apk y publicarlo en un sitio web o en un alguna nube como Dropbox o Google Drive. Después de descargar el archivo .apk, el único paso adicional es aprobar la instalación de aplicaciones ajenas a la tienda de Android e instalar la aplicación. Por otro lado, también existe la posibilidad de publicar la aplicación en la tienda Google Play. En esta se requiere una cuenta de desarrollador de Android que puede ser adquirida por menos de \$100 al año. Además, se requiere aprobar la aplicación por Google para ser publicada en Google Play (InstaVR, 2019).

13.2. Consideraciones para probar la aplicación

Los materiales necesarios para probar la aplicación es contar con un teléfono inteligente con sistema operativo Android, el archivo .apk de la aplicación y un par de lentes Google Cardboard que se pueden encontrar en la página web <https://arvr.google.com/cardboard/get-cardboard/> desde \$8.95. En cuanto a sistema operativo del teléfono, se requiere una versión igual o superior a Android 7. Además, el teléfono debe contar con giroscopio. La apk puede ser descargada directamente a través del siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1ta0-xvw9zCa2GqeBOSTIvK4Qt3IINk4U/view?usp=sharing>.

Característica	Valor
Pantalla	IPS 6.53"19.5:9 2.34x1.080 px, 400 nits
Dimensiones y peso	163.32 x 77.3 x 9.6 mm 198 g
Procesador	Snapdragon 662
RAM	4 GB
Almacenamiento	128 GB
Batería	6.000 mAh
Sistema Operativo	Android 10 MIUI 12

Cuadro 7: Características del teléfono utilizado para ejecutar la aplicación de realidad virtual.

Usuario	Edad	Sexo
1	13	Masculino
2	13	Femenino
3	14	Femenino
4	14	Femenino
5	12	Masculino
6	12	Masculino
7	14	Femenino
8	10	Femenino
9	10	Masculino
10	10	Masculino
11	12	Masculino
12	13	Masculino

Cuadro 8: Listado de usuarios para las pruebas de usabilidad.



Figura 22: Historieta utilizada como prototipo inicial del proyecto

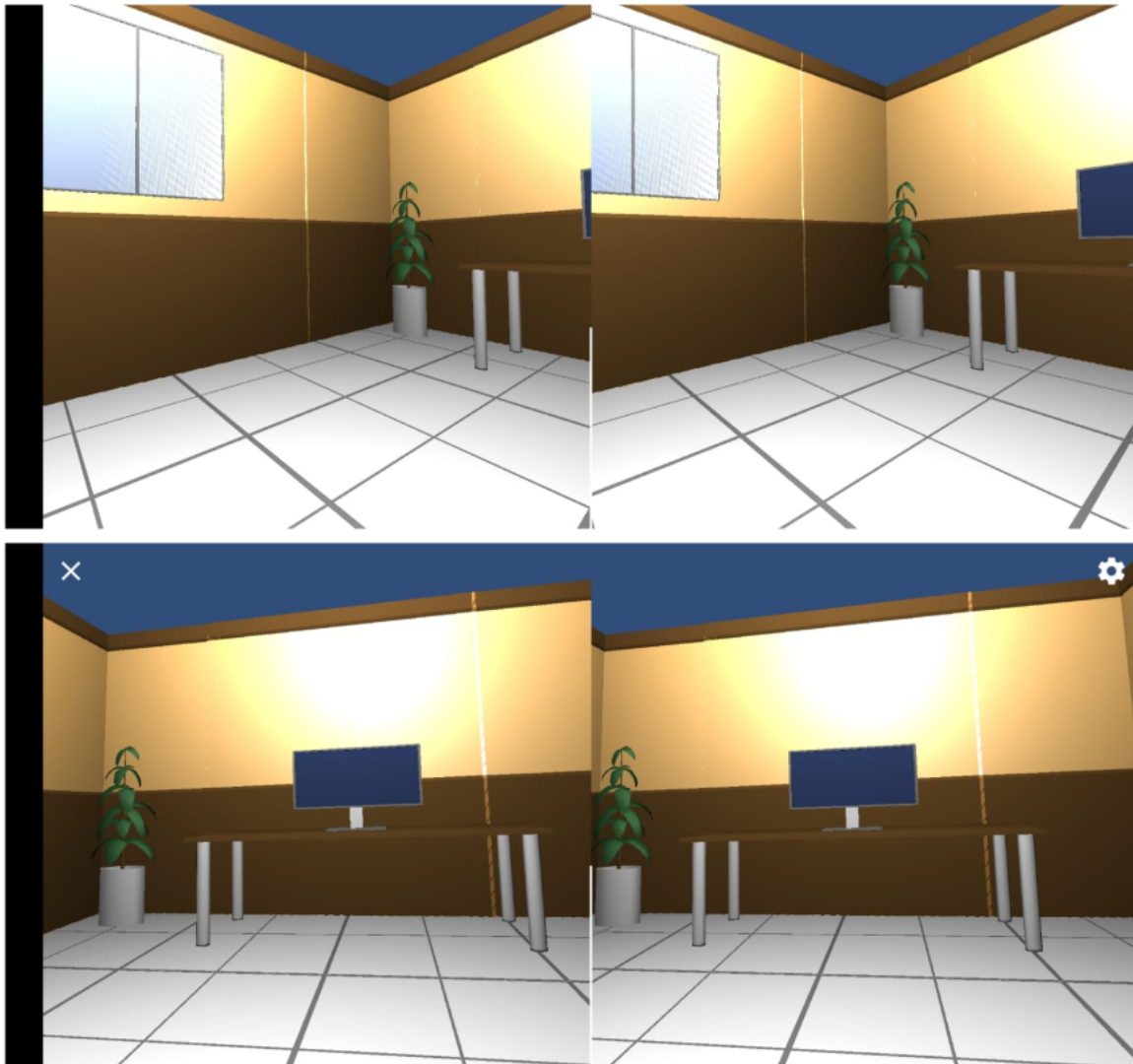


Figura 23: Prototipo inicial. Este constaba de una única escena en donde se simulaba un terremoto.

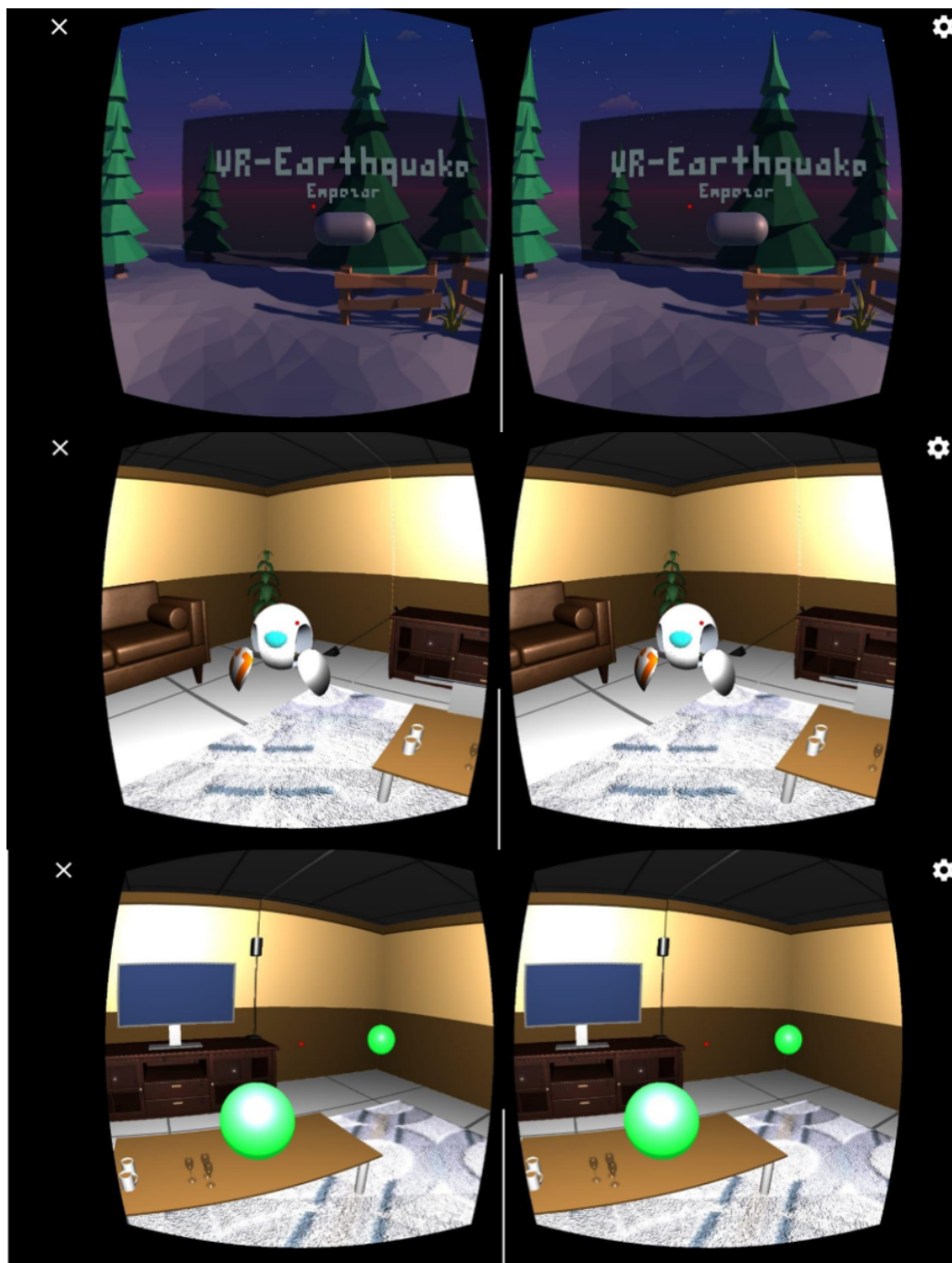


Figura 24: Refinamiento del prototipo. Este contaba con tres esenas.

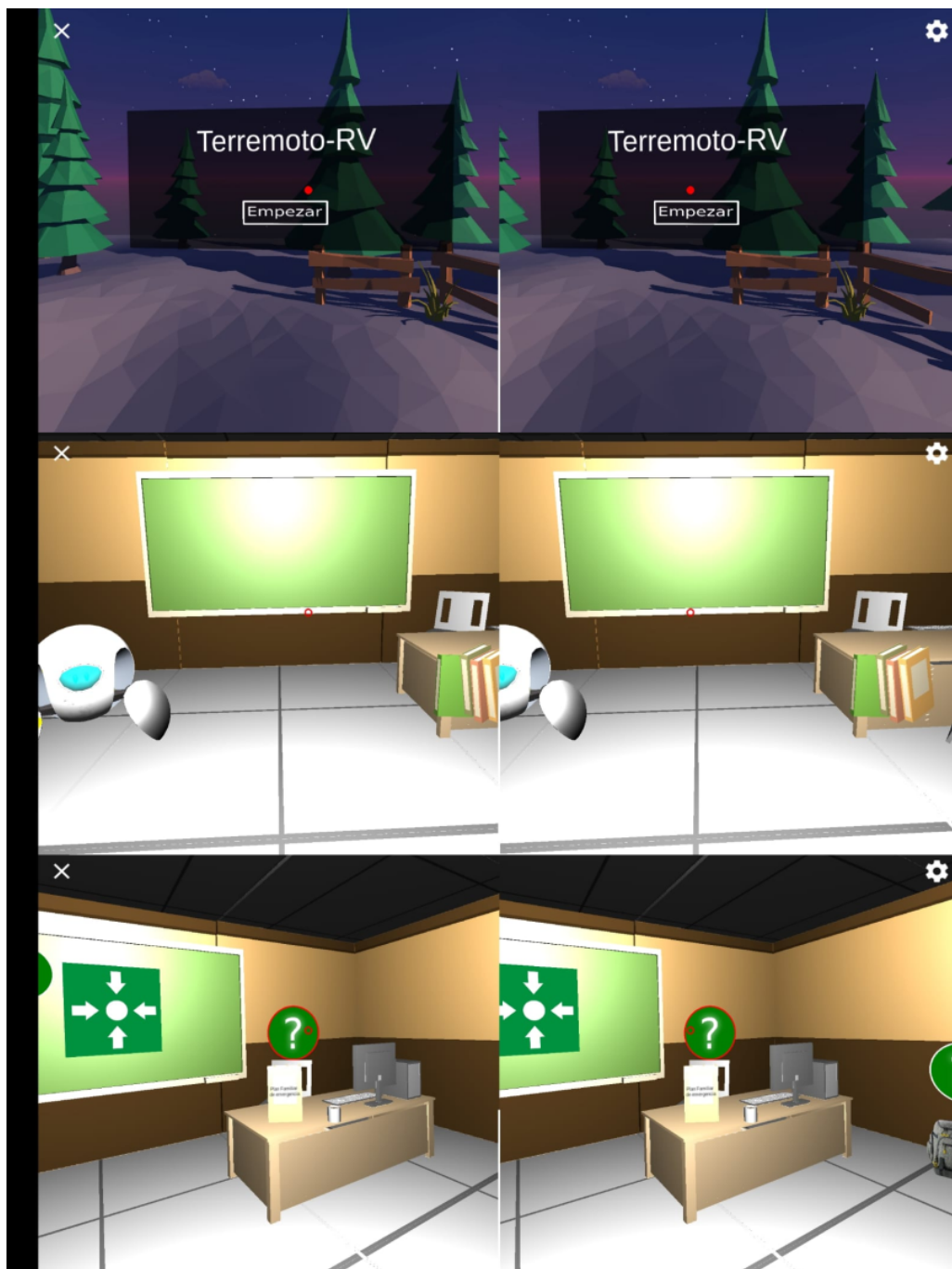


Figura 25: Prototipo final.

Actividad	Audiencia	Participantes/ Responsable	Duración	Requerimientos (equipo, software)
Sesión de introducción	Niñas y niños (10-14 años)	Evaluador: Robero Figueroa	2 minutos	Computadora
Consentimiento informado	Tutores y/o padres	Evaluador: Roberto Figueroa Maestra de grado	–	Documento consentimiento informado Documento padres o tutores
Cuestionario Inicial	Niñas y niños (10-14 años)	Evaluador: Robero Figueroa	5 minutos	Computadora Tablet
Prueba de la aplicación de realidad virtual	Niñas y niños (10-14 años)	Evaluador: Robero Figueroa	8 minutos	Computadora Teléfono Lentes Google Cardboard Grabadora de audio Grabador de pantalla para teléfono
Test de usabilidad	Niñas y niños (10-14 años)	Evaluador: Robero Figueroa	5 minutos	Computadora Tablet
Cuestionario final	Niñas y niños (10-14 años)	Evaluador: Robero Figueroa	5 minutos	Computadora Tablet

Cuadro 9: Esquema de evaluación



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

11 calle 15-7a zona 15 V.H. III,
P.O. Box 2369-0751 a 95
Tels: 2364-0336 al 40
2364-0492 al 97
2507-1500
www.uvg.edu.gt
Aparado Postal No. 82, 01901
Guatemala, Guatemala C.A.

Guatemala, 19 de septiembre de 2022.



RECIBIDO
Recepción

20 SEP 2022

005716

General
Oscar Estuardo Cossio Cámara
Secretario Ejecutivo
CONRED

Firma: *[Handwritten Signature]* Hora: 15:10

Estimado señor Cossio:

Reciba un cordial saludo esperando éxitos en sus labores cotidianas, actualmente me encuentro en último año de mi carrera y en esta última etapa estoy desarrollando mi proyecto de graduación titulado Realidad virtual como herramienta de aprendizaje en niños para la preparación ante terremotos. La metodología que estoy utilizando en este proyecto toma en consideración al usuario principal, niños, y también a expertos en el tema de preparación ante desastres naturales. Es por ello que me refiero a usted con el fin de solicitar asesoría en temas de preparación ante terremotos en Guatemala. Me gustaría poder mostrar mi prototipo para recibir retroalimentación. Es importante mencionar que el proyecto sólo pretende desarrollar un prototipo que no será lanzado al público ya que para hacerlo se deben tomar otros criterios que quedan fuera del alcance de este proyecto. Los comentarios recibidos por expertos solo se tomarán como guía para la mejora del mismo.

De antemano agradezco la atención prestada.

Atentamente

[Handwritten Signature]

Roberto Figueroa
Estudiante
Cel.: 3216-7173
e-mail: rf18306@uvg.edu.gt
Ing. en Ciencias de la Computación y T.I

[Handwritten Signature]

MSc. Douglas Barrios
Director
Departamento de Ciencia de la
Computación y TI
dbarrios@uvg.edu.gt



Figura 26: Carta de solicitud de asesoría a CONRED

Prueba de usabilidad

El presente cuestionario forma parte del proyecto "Realidad virtual como herramienta de aprendizaje en niños para la preparación ante terremotos" y pretende recabar información sobre la usabilidad del prototipo desarrollado. Dicha información será utilizada únicamente para fines investigativos y se manejará de manera confidencial. La participación para responder las preguntas es totalmente voluntaria, de forma que podrá dejar de participar en cualquier momento sin tener que dar explicaciones. Si está de acuerdo en participar en el presente estudio, por favor responda la siguiente pregunta.

***Obligatorio**

1. ¿Desea participar en el presente estudio? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

Salta a la pregunta ?

Prueba de usabilidad

A continuación se presentan preguntas que deberá responder de acuerdo a la escala establecida. El emoji 😞 representa que está en total desacuerdo, el emoji 😐 representa que está en desacuerdo, el emoji 😊 representa que está neutral, el emoji 😄 representa que está de acuerdo y el emoji 😍 representa que está en total acuerdo.

2. Me gustaría usar esta aplicación todos los días *

Marca solo un óvalo por fila.

	😞	😐	😊	😄	😍
1.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 27: Prueba de usabilidad SUS

3. Creo que la aplicación es muy enredada *

Marca solo un óvalo por fila.

2.     

4. Creo que la aplicación es muy fácil de usar *

Marca solo un óvalo por fila.

3.     

5. Creo que necesito la ayuda de mi maestra para usar esta aplicación *

Marca solo un óvalo por fila.

4.     

6. Creo que entendí muy bien las diferentes partes de la aplicación *

Marca solo un óvalo por fila.

5.     

7. Creo que encontré cosas que no entendí en la aplicación *

Marca solo un óvalo por fila.

6.     

8. Creo que otros compañeros pueden aprender a usar esta aplicación muy rápido *

Marca solo un óvalo por fila.

7.     

9. Me sentí confundido al usar la aplicación *

Marca solo un óvalo por fila.

8.     

10. Me sentí cómodo al usar la aplicación *

Marca solo un óvalo por fila.

9.     

11. Necesito practicar mucho para usar bien la aplicación *

Marca solo un óvalo por fila.

10.     

Cuestionario Terremotos (Pre)

El presente cuestionario forma parte del proyecto "Realidad virtual como herramienta de aprendizaje en niños para la preparación ante terremotos" y pretende recabar información sobre conocimientos respecto a terremotos. Dicha información será utilizada únicamente para fines investigativos y se manejará de manera confidencial. La participación para responder las preguntas es totalmente voluntaria, de forma que podrá dejar de participar en cualquier momento sin tener que dar explicaciones.

1. Edad

2. Género

Marca solo un óvalo.

Femenino

Masculino

3. ¿Qué es un terremoto?

10 puntos

Figura 28: Cuestionario pre y post.

4. ¿Qué actividad es más importante a la hora de un terremoto?

10 puntos

Marca solo un óvalo.

- Alertar a los demás
- Mantener la calma
- Correr para salvar nuestra vida

5. Qué partes de tu escuela o casa son peligrosas a la hora de un terremoto 10 puntos

Selecciona todos los que correspondan.

- Partes con objetos que se puedan caer
- Partes despejadas
- Partes cerca de ventanas

6. ¿Qué significa esta señal?

10 puntos



Marca solo un óvalo.

- Izquierda
- Ruta de evacuación
- Una vía
- No lo sé

7. ¿Qué significa esta señal?

10 puntos



Marca solo un óvalo.

- Presionar botón
- Salida de emergencia
- Punto de reunión
- No lo sé

8. Has escuchado sobre el plan familiar de emergencia 10 puntos

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

9. ¿Para qué crees que sirve un plan familiar de emergencia? 10 puntos

Marca solo un óvalo.

- No lo sé
 Para saber qué hacer ante un desastre natural
 Para saber cómo son los desastres naturales
 Para sabe porqué suceden los desastres naturales

10. ¿Para qué podría servir una mesa a la hora de un terremoto? 10 puntos

Marca solo un óvalo.

- Para estar sobre ella
 Para protegernos
 Para colocar nuestros libros y cuadernos

11. ¿Has escuchado de la mochila de las 72 horas? 10 puntos

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

12. ¿Qué elementos lleva una mochila de las 72 horas?

10 puntos

Selecciona todos los que correspondan.

- Comida
- Juguetes
- Documentos importantes
- Linternas
- Almohadas
- Ropa
- Libros

Universidad Del Valle de Guatemala
 Evaluación Heurística UX para el proyecto: Realidad Virtual como herramienta de aprendizaje en niños

Heurística	Dificultades	Oportunidades
<p>Visibilidad del estado del sistema <i>El sistema debería siempre informar al usuario sobre lo que está pasando a través de retroalimentación adecuada en tiempo razonable.</i></p>		
<p>Similitud entre el sistema y el mundo real <i>El sistema debería hablar con el lenguaje del usuarios, con palabras, frases y conceptos familiares y no con tecnicismos. Seguir convenciones del mundo real, permitiendo hacer que la información aparezca de forma natural y en orden lógico.</i></p>		
<p>Control por parte del usuario y libertad <i>Los usuarios generalmente eligen funcionalidades por error y requieren una clara "salida de emergencia" para salir de dichas funcionalidades no deseadas o seleccionadas por error sin tener que pasar por un diálogo extenso. Admite deshacer y rehacer.</i></p>		
<p>Consistencia y cumplimiento en estándares <i>Los usuarios no necesitan preguntarse si las palabras, las situaciones o las acciones significan lo mismo. Seguir convenciones.</i></p>		
<p>Prevención de errores <i>Incluso mejor que un buen mensaje de error es un diseño que permite prevenir la ocurrencia de un error. Eliminando <u>la condiciones</u> susceptibles a error o presentándole al usuario la confirmación antes de cometer la acción.</i></p>		

Figura 29: Formulario para evaluación heurística

<p>Preferencia en el reconocimiento frente a la memorización Minimizar la carga de memoria del usuario haciendo objetos, acciones y opciones visibles. El usuario no debería recordar información de una parte del diálogo con otros. Las instrucciones para usar el sistema deben ser visibles o fáciles de consultar cuando sea apropiado.</p>		
<p>Flexibilidad y eficiencia de uso Aceleradores (no vistos por usuarios novatos) algunas veces pueden agilizar la interacción para usuarios <u>expertos</u> de tal forma que el sistema puede proveer a ambos, inexpertos y expertos. Permite a los usuarios modelar sus acciones frecuentes.</p>		
<p>Diseño estético y minimalista Los diálogos no debería contener información que sea irrelevante o raramente necesaria. Cada unidad extra de información en un diálogo compite con las unidades de información relevantes y disminuye su visibilidad relativa.</p>		
<p>Comunicar errores con facilidad Los errores deben ser expresados en lenguaje plano (no con códigos), deben indicar el problema de manera precisa y constructivamente sugerir una solución.</p>		
<p>Ayuda y Documentación Incluso es mejor que el sistema pueda ser usado sin documentación, puede ser necesario proveer ayuda y documentación. Cualquier información debe ser fácil de buscar, enfocada en las tareas de usuario, listar pasos concretos y no debe ser muy larga.</p>		

Guatemala, 21 de octubre de 2022

Estimados padres de familia:

Su hijo ha sido invitado a participar en el proyecto titulado "Realidad virtual como herramienta de aprendizaje en niños para la preparación ante terremotos". El objetivo principal de este proyecto es desarrollar una aplicación de realidad virtual para niños que ayude en temas de prevención ante terremotos en Guatemala. La participación consta en probar lentes de realidad virtual y responder ciertas preguntas relacionadas con la experiencia de utilizar la aplicación.

Yo _____ autorizo a mi hijo

_____ para que participe en el proyecto "Realidad virtual como herramienta de aprendizaje en niños para la preparación ante terremotos"

f. _____

Figura 30: Consentimiento informado a padres.