



**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**Serious Game para el aprendizaje de gestos estáticos del lenguaje de señas  
peruano mediante el uso de realidad virtual**

**TESIS**

Para optar el título profesional de Licenciado en Ciencias de la Computación

**AUTOR(ES)**

Ramos Carrión, Cristopher Lizandro (0000-0002-0579-8395)

Nureña Jara, Roberto Alonso (0000-0002-8690-4515)

**ASESOR**

Canaval Sánchez, Luis Martín (0000-0001-9880-0396)

**Lima, 22 de Octubre de 2021**

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un juego serio para el aprendizaje de gestos básicos de la lengua de señas peruana en realidad virtual para personas que no padezcan de sordera, utilizando el dispositivo HTC Vive. El juego, al cual nombramos Sign Shooting, consta de 8 niveles en donde el jugador deberá aprender 3 gestos de letras por cada uno de éstos, y al final una prueba de los conocimientos aprendidos. Se implementó el Vive Hand Tracking SDK para la detección de las manos del usuario y sus características espaciales. Con esta información, generamos un dataset de los gestos a aprender, el cual utilizamos para entrenar un modelo de redes neuronales para el reconocimiento de señas, el cual fue validado con las métricas de bias y varianza. Para validar nuestra propuesta, se pidió a los usuarios completar el juego y a continuación responder una encuesta dividida en experiencia de juego y aprendizaje del usuario. Los resultados obtenidos muestran un puntaje promedio en la experiencia usuario mayor de 4 (de un máximo de 5) y que en toda la sesión de juego se aprenden un promedio de 17 gestos de letras (de un total de 24), significando que los usuarios consideran el juego entretenido, inmersivo y que cumple con su objetivo de enseñanza. Finalmente, se concluye que el uso de realidad virtual incentiva a que el usuario se sienta comprometido con el juego y busque llegar a su objetivo.

Palabras clave: Reconocimiento de gestos; Redes Neuronales; Lenguaje de Señas; Juego Serio; Realidad Virtual; HTC Vive.

## ABSTRACT

This project aims to develop a serious game for learning basic gestures of the Peruvian sign language in virtual reality to non-deaf people, employing the HTC Vive device. The game, which we name Sign Shooting, consists of 8 levels where the player must learn 3 gestures for each of these, and finally a test about the learned knowledge. The game implements the Vive Hand Tracking SDK to detect the user's hands and their spatial features. With this information, we generate a dataset of the gestures to learn, which we use to train a neural network model for sign recognition and validate it with the bias and variance metrics. To validate our proposal, users were asked to complete the game and then answer a survey divided into user game experience and learning. The results obtained in the experiments show an average score in the user experience greater than 4 (of a maximum of 5) and that in the entire game session an average of 17 letter gestures (of a total of 24) are learned, meaning that users consider the game entertaining, immersive and that meets its teaching objective. Finally, we conclude that the use of virtual reality encourages the user to feel committed to the game and seek to reach its goal.

Keywords: Sign Recognition; Sign Language; Serious Game; Virtual Reality; HTC Vive.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	2
ABSTRACT.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....	10
2.1 Problema .....	10
2.2 Motivación .....	10
2.3 Objetivos del Proyecto.....	11
2.3.1 Objetivo General:.....	11
2.3.2 Objetivos Específicos: .....	11
2.4 Indicadores de Éxito .....	11
2.5 Alcance y limitaciones.....	12
2.5.1 Alcance: .....	12
2.5.2 Limitaciones:.....	12
2.6 Manejo de recursos .....	12
3. LOGROS DE LOS STUDENT OUTCOMES .....	14
3.1 La capacidad de identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando los principios de ingeniería, ciencia y matemática .....	14
3.2 La capacidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas con consideración de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.....	14
3.3 Capacidad de comunicarse efectivamente con un rango de audiencias.....	15
3.4 La capacidad de reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y hacer juicios informados, que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.....	15
3.5 La capacidad de funcionar efectivamente en un equipo cuyos miembros juntos proporcionan liderazgo, crean un entorno de colaboración e inclusivo, establecen objetivos, planifican tareas y cumplen objetivos .....	16
3.6 La capacidad de desarrollar y llevar a cabo la experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones.....	16
3.7 La capacidad de adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas. ....	17
4. MARCO TEÓRICO .....	18
4.1 Videojuegos: .....	18
4.1.1 Concepto: .....	18
4.1.2 Tipos: .....	18
4.1.3 Serious Game:.....	19

4.1.4	Unity: .....	19
4.2	Game User Research:.....	19
4.2.1	Concepto: .....	19
4.2.2	Game User Experience: .....	20
4.2.3	Jugabilidad: .....	20
4.3	Deep Learning.....	21
4.3.1	Concepto: .....	21
4.3.2	Neural Network:.....	21
4.4	Lenguaje de Señas: .....	21
4.4.1	Concepto: .....	21
4.4.2	Reconocimiento de Gestos:.....	22
4.4.3	Procesos: .....	22
5.	DESARROLLO DEL PROYECTO .....	24
5.1	OE1: Analizar criterios de game user experience y algoritmos de reconocimientos de gestos para la detección de lenguaje de señas .....	24
5.2	OE2: Diseñar arquitectura y ambiente del juego orientados a Realidad Virtual e interacción del jugador mediante gestos .....	24
5.3	OE3: Desarrollar un algoritmo supervisado para el reconocimiento de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano en un juego en VR .....	25
5.4	OE4: Validar el Serious Game usando PlayTesting y encuestas, y juicio de un experto en juegos y otro en educación .....	25
6.	RESULTADOS DEL PROYECTO .....	27
6.1	OE1: Analizar criterios de game user experience y algoritmos de reconocimientos de gestos para la detección de lenguaje de señas .....	27
6.2	OE2: Diseñar arquitectura y ambiente del juego orientados a Realidad Virtual e interacción del jugador mediante gestos .....	41
6.3	OE3: Desarrollar un algoritmo supervisado para el reconocimiento de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano en un juego en VR .....	42
6.4	OE4: Validar el Serious Game usando PlayTesting y encuestas, y juicio de un experto en juegos y otro en educación .....	44
7.	Gestión del Proyecto.....	50
7.1	Descripción de Roles y Responsabilidades.....	50
7.2	Diccionario EDT .....	52
7.3	Plan de Gestión de RRHH .....	54
7.4	Matriz de Comunicaciones del Proyecto .....	57
7.5	Matriz de Riesgos .....	57
7.6	Matriz de Trazabilidad de Requerimientos.....	60
7.7	Matriz de RAM.....	61
8.	CONCLUSIONES.....	64

9.	RECOMENDACIONES .....	65
10.	GLOSARIO .....	66
11.	BIBLIOGRAFÍA .....	67
12.	ANEXOS .....	70
	Anexo A: WASC.....	70
	<b>Cristopher Ramos</b> .....	70
	<b>Roberto Nureña</b> .....	79
	Anexo B: One-Sheet.....	86
	Anexo C: Ten-Page Design Document .....	87
	Anexo D: Beat Chart .....	91
	Anexo E: Game Design Document .....	92
	Anexo F: Cost Management Plan.....	97
	Anexo G: Matriz de Confusión Neural Network .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Manejo de Recursos.....	12
Tabla 2: Análisis de Algoritmos .....	28
Tabla 3: Análisis de Game User Experience .....	39
Tabla 4: Resultados de cuestionario de game user experience .....	44
Tabla 5: Respuestas correctas en prueba de conocimientos .....	45
Tabla 6: Análisis de expertos .....	48
Tabla 7: Características del Rol Requerido e Identificación del Recurso Humano de la Organización .....	50
Tabla 8: Recursos Humanos Requeridos en el Tiempo .....	51
Tabla 9: Acercamiento al Proyecto y Cronograma para Actualización del Plan de Gestión de Personal .....	51
Tabla 10: Duración de Entregables .....	53
Tabla 11: Requerimientos de Personal para el Proyecto .....	56
Tabla 12: Matriz de Comunicaciones del Proyecto .....	57
Tabla 13: Matriz de Riesgos del Proyecto .....	57
Tabla 14: Matriz de Trazabilidad de Requerimientos.....	60
Tabla 15: Cuadro de Responsabilidades .....	61
Tabla 16: Plan de costos para recursos humanos .....	98
Tabla 17: Plan de costos para recursos materiales .....	98

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Flujo de documentos de diseño del juego .....	41
Ilustración 2: Arquitectura de Software de Entretenimiento .....	42
Ilustración 3: Comparación de Modelos de Redes Neuronales .....	43
Ilustración 4: Análisis de Bias y Varianza .....	44
Ilustración 5: Promedio de letras aprendidas por grupo .....	47
Ilustración 6: Promedio de letras aprendidas por grupo y cantidad de horas de juego a la semana.....	48
Ilustración 7: Estructura del árbol EDT .....	53
Ilustración 8: Organigrama del Proyecto .....	54
Ilustración 9: Lengua de señas en el Perú.....	76
Ilustración 10: Cifras de la educación pública .....	77
Ilustración 11: Géneros de videojuegos más vendidos del 2017 .....	78
Ilustración 12: Comparación de modelos de redes neuronales .....	79
Ilustración 13: Lengua de Señas en el Perú .....	84
Ilustración 14: Cifras de la educación pública en Perú.....	84
Ilustración 15: Géneros de Juegos más vendidos en 2017.....	85
Ilustración 16: Comparación de modelos de redes neuronales .....	86
Ilustración 17: Loop principal del juego .....	88
Ilustración 18: Interfaz de acción del personaje .....	89
Ilustración 19: Interfaz para el reconocimiento de gestos .....	89
Ilustración 20: Interfaz de acción del personaje .....	93
Ilustración 21: Interfaz para el reconocimiento de gestos .....	93
Ilustración 22: Game flowchart .....	94
Ilustración 23: Game camera .....	95
Ilustración 24: Matriz de Confusión .....	99



## 1. INTRODUCCIÓN

La sordera es un problema que afecta a un gran número de la población mundial, teniendo que 466 millones de personas en todo el mundo padecen este problema, de las cuales 34 millones son niños (Organización Mundial de la Salud, 2019). Se calcula que, en 2050, más de 900 millones de personas —es decir, una de cada 10— sufrirá una pérdida de audición. Al mismo tiempo, siendo el lenguaje de señas uno de sus principales medios de comunicación, se tiene que hay cerca de 400 idiomas de lengua de signos identificables existentes en todo el mundo, esto dificulta más la integración de estas personas, ya que reduce la información que puedan obtener aun sabiendo un idioma de lengua de signos.

En el Perú, según (CONADIS, 2016) existe alrededor de 1.8% de personas con discapacidad auditiva, y, como menciona (Sausa, 2015), en el país solo hay dos escuelas especializadas, una para primaria y otra para secundaria, y pocas son las instituciones que enseñan lenguaje de señas. Además, según (Arrizabalaga, 2017), la inteligencia emocional se desarrolla a partir de los 10 años y si no se empieza a enseñarles temas de integración a una temprana edad, sería complicado hacerlo en etapas más avanzadas de su desarrollo, ocasionando que la comunicación, sea cada vez más complicada.

Según (Oviedo, 2013), durante el Censo 2007, se registraron 81,396 hogares en los que se encontraban personas con discapacidad auditiva y 66,117 hogares en los cuales había personas con dificultades para hablar.

En trabajos recientes, se ha demostrado que el uso de juegos serios con el fin de enseñar un determinado concepto brinda muy buenos resultados, incluso mejor a los resultados obtenidos de aprendizajes tradicionales. Esto es debido a la emoción e inmersión que se puede obtener con el juego, los cuales ayudan a que el usuario se sienta más comprometido con éste.

En el capítulo 1 se describe la problemática abordada, el planteamiento de la solución, se presentan los objetivos de investigación, así como los indicadores de éxito y el alcance que tendrá el proyecto. En el capítulo 2, se detalla y explica el cumplimiento de los STUDENT OUTCOMES relacionados a la carrera de Ciencias de la Computación durante el desarrollo del proyecto. En el capítulo 3, se profundizará en las definiciones y contexto de los conceptos más importantes en el proyecto. El capítulo 4 presenta y describe el proceso para el desarrollo del juego serio a través de los objetivos planteados. El capítulo 5 detalla los resultados obtenidos al desarrollar el proyecto y cómo éstos consiguen cumplir con los indicadores de éxito. Finalmente, en el capítulo 6 se detallarán los planes definidos para la gestión del tiempo, recursos, comunicaciones, riesgos y producto final del proyecto.

## **2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

En el presente capítulo se detallará la justificación del proyecto, el objetivo que se busca cumplir y el alcance que tendrá, así como las fases a realizar, las validaciones que indicarán que éstas se han cumplido adecuadamente y el manejo de los recursos asignados al proyecto.

### **2.1 Problema**

A pesar de sus dificultades, las personas con discapacidad auditiva aprenden a comunicarse a través del lenguaje de señas peruano; sin embargo, siguen sin poder interactuar adecuadamente con el resto de las personas, debido a que en el país no se encuentra diversificado el estudio de este medio de comunicación, teniéndose registro de solo 23 personas que dominen el lenguaje de señas (Sausa, 2015).

Una propuesta del estado fue promover a utilizar el lenguaje oral para estas personas; sin embargo, Malena Pineda, jefa del programa de defensa de las personas con discapacidad de la defensoría del pueblo, mencionó que usar este modelo no da buenos resultados, ya que las personas discapacitadas no logran aprender a leer o a escribir y siguen teniendo problemas para comunicarse (Sausa, 2015).

### **2.2 Motivación**

Se desea implementar un método de enseñanza de lenguaje de señas peruano de manera entretenida e interactiva para personas que no padezcan de sordera. De esta manera, se maneja de forma básica el lenguaje de señas peruano por gran cantidad de personas, pudiendo estas profundizar más en estos conocimientos si así lo desean. Concluyendo en una mejor comunicación e integración con las personas con discapacidad auditiva.

En base a investigaciones previas que desarrollaron un algoritmo de reconocimiento de gestos, se planteó un 80% de precisión como una base para denotar que el algoritmo es eficiente (ver Capítulo 5 – OE1). Por lo que se espera que este serious game, posea una certeza para detectar los gestos realizados por el jugador, de un 80% o mayor. A la vez, se espera que al jugar este serious game durante un cierto periodo de tiempo, el usuario tenga un conocimiento básico de los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.

## 2.3 Objetivos del Proyecto

### 2.3.1 Objetivo General:

Implementar un Serious Game, evaluado por criterios de jugabilidad, con el fin del aprendizaje de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano mediante Realidad Virtual.

### 2.3.2 Objetivos Específicos:

- OE1: Analizar criterios de game user experience y algoritmos de reconocimientos de gestos para la detección de lenguaje de señas
- OE2: Diseñar arquitectura y ambiente del juego orientados a Realidad Virtual e interacción del jugador mediante gestos
- OE3: Desarrollar un algoritmo supervisado para el reconocimiento de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano en un juego en Realidad Virtual
- OE4: Validar el serious game usando PlayTesting y encuestas, y juicio de un experto en juegos y otro en educación.

## 2.4 Indicadores de Éxito

### ○ Para OE1:

- IE1: Documento del análisis de los criterios de game user experience y el análisis comparativo de los algoritmos para el reconocimiento de gestos del lenguaje de señas, aprobado por el cliente del proyecto.

### ○ Para OE2:

- IE2: Documento del diseño de la arquitectura del juego orientada a Realidad Virtual e interacción del jugador mediante gestos, aprobado por el cliente del proyecto.
- IE3: Versión alfa del juego con mecánicas funcionales, preparado para implementación de reconocimiento de gestos.

### ○ Para OE3:

- IE4: Documento de evaluación del algoritmo de reconocimiento de gestos mediante métricas de varianza, aprobado por el cliente del proyecto.

○ **Para OE4:**

- IE5: Documento de resultados de la validación del juego al evaluarlo con las diferentes metodologías planteadas, aprobado por el cliente del proyecto.
- IE6: Serious Game enfocado al aprendizaje del lenguaje de señas mediante uso de VR, evaluado y aprobado por el cliente del proyecto y por un experto en juegos y uno en educación.

## 2.5 Alcance y limitaciones

### 2.5.1 Alcance:

- El usuario podrá aprender los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano.
- Creación de dataset de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.
- Realización de PlayTest y encuesta en grupo de estudio.

### 2.5.2 Limitaciones:

- El juego no enseñará lenguaje de señas de países diferentes al Perú.
- El juego no reconocerá señas en movimiento.

## 2.6 Manejo de recursos

Se estableció las tareas y el tiempo por cada recurso humano en el proyecto, también se realizó un plan de costos sobre la inversión monetaria para el desarrollo del proyecto (**ver Anexo F**).

Tabla 1: Manejo de Recursos

Área	Nombre	Tiempo	Tarea
Software Factory	Pedro Andre Neyra Gutierrez	TP1: Semana 14 - Semana 15	Conexión algoritmo en Python a Unity
IT Service	Milagros Sofia Guevara	TP1: Semana 10 -	Investigación de

	Guillen	Semana 13	propuesta de oportunidad de negocio
Software Factory	Oscar Enrique Fernandez Ramos	TP2: Semana 1 - Semana 10	Desarrollo e implementación de mecánicas del juego
IT Service	Hector Tadeo Torres Calderon Vargas	TP2: Semana 1 - Semana 5	Análisis de papers y certificación QS
IT Service	Genesis María Fernandez Sifuentes	TP2: Semana 10 – Semana 12	Certificación QS

Fuente: Elaboración propia

### **3. LOGROS DE LOS STUDENT OUTCOMES**

En el presente capítulo, se identificarán las acciones y resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto que evidencian el logro de las competencias de Student Outcomes de la carrera, de la misma forma, se detalla el logro de las competencias WASC para cada integrante del equipo de proyecto (**ver Anexo A**).

#### **3.1 La capacidad de identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando los principios de ingeniería, ciencia y matemática**

Según nuestro estudio identificamos la necesidad de desarrollar un sistema que pueda enseñar gestos de lenguaje de señas de manera básica. Por lo cual hemos propuesto desarrollar un Serious Game para la enseñanza de estos conceptos. La definición de los conceptos del proyecto, así como de sus objetivos se pueden encontrar en el Capítulo 1.

Para conseguir nuestro objetivo, es necesario implementar una forma de lograr el reconocimiento de gestos estáticos de lenguaje de señas, el cual desarrollamos mediante el uso de algoritmos. Para este desarrollo fue requerido una investigación en la literatura de soluciones actuales para problemas similares al planteado por nosotros, esto se detalla en el Capítulo 4 - OE1.

Lo desarrollado en este proyecto puede ser utilizado para futuros enfoques o para el reconocimiento de gestos diferentes a los vistos en este proyecto.

#### **3.2 La capacidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas con consideración de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos**

Para el proyecto, se siguió lo estipulado en el Project Charter, haciendo caso a las restricciones planteadas y teniendo en cuenta los riesgos que pudieran presentarse.

Antes de iniciar el desarrollo del Serious Game, se construyó una arquitectura de software que cumpla con los atributos de calidad y se creó el Game Design Document (GDD) basado en la metodología mencionada en el libro Level Up: The Guide to Great Video Game Design. Estos documentos se encuentran detallados en el Capítulo 5 - OE2.

Identificamos los problemas que padecen las personas con discapacidad auditiva y la necesidad de que personas hablantes sepan lenguaje de señas (ver Capítulo 1 - Problema), por esto nuestro

proyecto está enfocado en la enseñanza de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas mediante el uso de un Serious Game, ya que el uso de éstos ha demostrado tener buenos resultados para la enseñanza, como se explica en el Capítulo 3, sección 3.1.3.

Lo desarrollado en este proyecto puede ser utilizado para diferentes enfoques, como por ejemplo la enseñanza de gesto del lenguaje de señas de otros países.

Para la fase de desarrollo empleamos la metodología ágil de SCRUM, dividiendo el trabajo en varios Sprints y desarrollando entregables incrementales hasta terminar el proyecto.

### **3.3 Capacidad de comunicarse efectivamente con un rango de audiencias**

A lo largo del desarrollo del proyecto, se ha realizado varias presentaciones ante diferentes personas, con el fin de transmitir nuestras ideas. También se ha tenido numerosas reuniones con todas las personas implicadas en el proyecto, en las que hemos compartido nuestros avances y obtenido retroalimentación por parte de ellos. Así mismo, nos hemos reunido con personas de diferentes carreras que nos apoyan con diferentes tareas en el desarrollo del proyecto.

Para mantener formal los temas coordinados con todas las personas involucradas en el proyecto, se envió múltiples correos para cada tarea, actividad o acuerdo realizado. Las evidencias de los avances del proyecto fueron documentadas y archivadas en nuestra carpeta de SharePoint, al igual que las actas de reuniones entre otros documentos. La evidencia de estos documentos, acuerdos y responsabilidades para las personas involucradas en el proyecto se encuentra detallada en el Capítulo 6.

### **3.4 La capacidad de reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y hacer juicios informados, que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales**

Se analizaron varios artículos con el fin de definir aspectos del proyecto y observar la forma en que otros proyectos abarcan problemas similares (ver Capítulo 5 - OE1). En algunos de los documentos desarrollados para este proyecto (como el estado del arte o el paper), así como en este mismo documento, se evidencia adecuadamente los trabajos que han aportado información para nuestro proyecto, colocando las referencias y bibliografía requeridas (ver Bibliografía).

Para el desarrollo del Serious Game empleamos la metodología ágil de SCRUM, dividiendo el trabajo en varios Sprints y desarrollando entregables incrementales hasta terminar el proyecto. Al finalizar el proyecto, el código fuente del Serious Game se subirá a un repositorio en Git utilizando la licencia Apache 2.0 y la base de datos de gestos creada se subirá a páginas de datasets enfocadas en data science como Kaggle. Para la elaboración de nuestro artículo científico utilizamos el formato de la IEEE ya que buscamos indexarlo próximamente en una revista de investigación computacional.

### **3.5 La capacidad de funcionar efectivamente en un equipo cuyos miembros juntos proporcionan liderazgo, crean un entorno de colaboración e inclusivo, establecen objetivos, planifican tareas y cumplen objetivos**

A lo largo del proyecto hemos trabajado en conjunto con personas de diferentes carreras como diseño, así como con personas de nuestra misma carrera o una similar. Nos reunimos con ellos para explicarles los conceptos del proyecto y recibir sus opiniones de éste. Para la comunicación usamos correo o redes sociales (para comunicación más informal). Se coordinó qué tareas deben realizar y el plazo para realizarlas. Se utilizó la herramienta de HackNPlan para llevar un seguimiento de las tareas realizadas. También se organizó múltiples reuniones para aclarar temas o evaluar avances, tanto presencial como virtual.

La evidencia de los acuerdos, responsabilidades y documentos generados obtenidos de las reuniones se encuentra detallada en el Capítulo 6.

### **3.6 La capacidad de desarrollar y llevar a cabo la experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones**

El objetivo del proyecto es implementar un sistema para el aprendizaje del lenguaje de señas, por lo que para los experimentos se evaluará la eficacia en el aspecto de enseñanza de nuestra solución, además también se evaluará otros aspectos acerca de la experiencia del usuario en el juego.

A lo largo del desarrollo, se realizaron constantes pruebas de funcionalidad, así como de historias de usuario y casos de prueba del sistema.

La evidencia de las evaluaciones de la eficacia de la enseñanza de nuestro Serious Game, así como de la experiencia de usuario de los jugadores, se encuentra en el Capítulo 5 - OE4.



### **3.7 La capacidad de adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas.**

Para el desarrollo del juego, utilizamos el motor de juego de Unity, por lo que tuvimos que familiarizarnos con sus funciones nativas y la forma de desarrollar proyectos en esta herramienta. También tuvimos que aprender sobre la implementación de interfaz VR (Virtual Reality) en el juego y cómo utilizar las funciones correspondientes a este módulo. Para el uso de deep learning y redes neuronales, tuvimos que realizar un arduo estudio de cómo utilizar esta técnica y cómo adaptarla a nuestro proyecto. Finalmente, para implementar el algoritmo de redes neuronales en nuestro juego fue necesario investigar herramientas y plugins de Unity para lograr esta tarea.

La evidencia de la adquisición de estos conocimientos y su empleo para el desarrollo del Serious Game, se encuentra en el Capítulo 4.

## **4. MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se presentará y describirá todos los principales conceptos relacionados a Serious Games, Game User Experience y Reconocimiento de Gestos.

### **4.1 Videojuegos:**

#### **4.1.1 Concepto:**

Después de cuarenta años desde su aparición, los videojuegos se han convertido recientemente en el campo de estudio más candente y volátil dentro de la nueva teoría de los medios. Por fin, la idea de la teoría de los videojuegos está ganando aceptación en el mundo académico, incluso cuando aún quedan focos de resistencia. El videojuego ahora se considera como todo, desde el ergódico (trabajo) hasta el lúdico (juego); como narrativa, simulación, performance, remediación y arte; una herramienta potencial para la educación o un objeto de estudio para la psicología del comportamiento; como un patio de recreo para la interacción social; Y, por supuesto, como juguete y como medio de entretenimiento. (Wolf & Perron, 2003)

En los últimos años, la industria del juego se ha beneficiado más que la industria del cine. Para mantener esta posición, están reinventando sus ideas y técnicas. Hoy en día, los investigadores están invirtiendo esfuerzos en mejorar el rendimiento, los movimientos y las estrategias de los juegos. La industria del juego está utilizando muchas técnicas de inteligencia artificial como: Fuzzy, Decision Trees, Artificial Neural Networks, Q-Learning y otras. Todas estas técnicas se han utilizado para mejorar la calidad de los juegos y los resultados de estas aplicaciones son positivos en general. (Garcia et al., 2019)

#### **4.1.2 Tipos:**

La mayoría de los juegos caen dentro de una categoría particular, dependiendo de sus características, jugabilidad, objetivos, entre otros. Algunos manejan diferentes estilos de juego y, por lo tanto, podrían aparecer en más de una categoría simultáneamente. Teniendo: Shooters, Aventura, Plataforma, RPGs, Educativos, Deporte, Acción, etc. (Stahl, 2005)

### **4.1.3 Serious Game:**

Los "Juegos serios" se destacaron en el libro de Abt (1970) del mismo nombre, y se distinguen por su objetivo primordial de educar a los usuarios en lugar de simplemente entretenerlos. Si bien los juegos serios suelen entretener, van más allá del "entretenimiento educativo" para lograr un propósito que sea más significativo y centrado en el entrenamiento y el desarrollo de habilidades, la educación o el cambio de actitud y comportamiento. Los juegos serios pueden presentar un juego de roles activo en el que los usuarios finales asumen el rol de un personaje dentro de un entorno basado en reglas para lograr una meta particular o un conjunto de objetivos. El crecimiento en la adopción de juegos serios en una amplia gama de contextos educativos y de capacitación significa que hay una necesidad cada vez mayor de entender y evaluar su efectividad desde la perspectiva de la experiencia del usuario. (Moizer et al., 2019) En la última década, ha habido un interés creciente por estudiar los aspectos afectivos de los juegos serios. En la literatura actual, es bien sabido que un juego serio es una forma de incorporar un escenario educativo en un videojuego para transmitir conocimientos y habilidades. Además, hay juegos que no tienen un enfoque educativo directo, pero no pueden considerarse serios, como los juegos de rehabilitación. (Mostefai, Balla, & Trigano, 2019)

### **4.1.4 Unity:**

Para el desarrollo de videojuegos, existen diferentes herramientas que facilitan la interacción entre los usuarios y las computadoras, ya que ofrecen elementos ya preestablecidos que hacen que el ciclo de desarrollo de un software sea más productivo. Una de estas herramientas es el motor gráfico Unity. Este motor permite la interacción y edición del juego con el fin de cumplir las iteraciones del ciclo de vida de un software. Además, este motor permite cambiar la tecnología de desarrollo entre un entorno 2D y un entorno 3D teniendo cada uno sus propias herramientas que ayudan en el diseño de un juego específico. (Unity, 2019)

## **4.2 Game User Research:**

### **4.2.1 Concepto:**

A las personas les gusta hacer algo si lo están disfrutando. Muchas actividades, especialmente los juegos, pueden alcanzar un punto en el que los sujetos están comprometidos y desean

realizar la actividad continuamente. Hoy en día, en juegos de video, cosas como los efectos visuales, el sistema de recompensa o la retroalimentación instantánea sobre el rendimiento pueden lograr este compromiso fácilmente. Los jugadores pueden aprender movimientos o métodos durante el juego. Esto podría hacer que los juegos sean candidatos ideales para fines educativos, si podemos lograr el mismo efecto de aprendizaje fácil. Motivar a los usuarios durante el juego es un problema clave. Si la motivación es alta y el usuario disfruta del juego, puede llevar a sesiones de juego más largas y efectivas. Para la jugabilidad más adecuada, además de los aspectos ergonómicos, el nivel apropiado de dificultad es extremadamente importante. Afecta el estado mental del usuario, que, a su vez, afecta el rendimiento. La teoría del flujo describe este enfoque. Típicamente, se identifican al menos tres estados mentales relevantes, basados en la teoría de Csíkszentmihályi: aburrimiento, frustración y compromiso. (Gazdi, Pomázi, Szabó, & Forstner, 2018)

#### **4.2.2 Game User Experience:**

La experiencia de usuario (UX) se puede entender como un conjunto de sensaciones, sentimientos o emociones que se producen en el usuario cuando maneja un sistema interactivo y que evalúa las habilidades y procesos cognitivos del usuario y su comportamiento racional. Los videojuegos, al ser sistemas interactivos, son concebidos para explotar al máximo la experiencia de usuario para maximizar distintas emociones y asegurar el entretenimiento haciendo que la experiencia del jugador (PX o GUX), la cual suele ser medida utilizando la propiedad de jugabilidad, sea enriquecida. (González Sánchez, 2010)

#### **4.2.3 Jugabilidad:**

Según (González Sánchez, 2010), la jugabilidad es un término empleado en el diseño y análisis de juegos que describe la calidad del juego en términos de sus reglas de funcionamiento y de su diseño de juego. Además, se refiere a las experiencias de un jugador durante la interacción con los sistemas dentro de un juego. Entre las definiciones que se citan en esta investigación se encuentran “aquello que hace el jugador en el juego”, “una serie de decisiones interesantes” y “aquello de un juego es fácil y divertido de usar, poniendo énfasis en el estilo interactivo y en la calidad del gameplay, estando afectado éste por la usabilidad, narrativa e historia, intensidad interactiva, el grado de realismo, etc.”. Algunos factores que se deben tener en

cuenta para poder evaluar la jugabilidad son calidad técnica, sonido, mecánicas y experiencia del jugador.

Para poder identificar la jugabilidad en los videojuegos, se analizan tres aspectos claves, las cuales, según (Rolling & Adams, 2003) son las Core Mechanics, Storytelling & Narrative e Interactivity. A diferencia de la usabilidad, la jugabilidad busca entretener el mayor tiempo posible y busca hacer que el usuario aprenda y descubra cosas nuevas dentro del juego.

### **4.3 Deep Learning**

#### **4.3.1 Concepto:**

Según (NVIDIA, 2019), deep learning es un subconjunto de inteligencia artificial y machine learning que utiliza redes neuronales artificiales multicapas para ofrecer bastante precisión en tareas como detección de objetos, reconocimiento de voz y traducción de lenguaje entre otros. A diferencia de las técnicas de aprendizaje de máquinas tradicional, puede aprender representaciones de data como imágenes, video o texto sin introducir reglas codeadas a mano por el usuario o sin el dominio del conocimiento del humano.

#### **4.3.2 Neural Network:**

Según (Chen, 2020), las redes neuronales son una técnica para construir un programa de computadora que aprende de la data y la cual está basada en cómo se piensa que el cerebro humano funciona. Para ellos, primero se crean las neuronas y se conectan entre ellas para poder comunicarse y luego, a la red, se le presenta un problema por resolver, lo cual será realizado varias veces mejorando las conexiones para llegar a un punto de éxito.

### **4.4 Lenguaje de Señas:**

#### **4.4.1 Concepto:**

El lenguaje de señas es un lenguaje que utiliza un sistema de articulaciones de la mano para mediar en una conversación entre personas con discapacidades auditivas o del habla. Cada país tiene su propio lenguaje de señas y algunos tienen más de uno; no hay lenguaje estándar en

esta materia, siendo el lenguaje de señas abordado para este proyecto el lenguaje de señas peruano.

La comunidad de usuarios de lenguaje de señas no sólo está formada por personas con problemas de audición, sino también por miembros de la familia, profesionales y amigos que se llevan bien con ellos a diario.

Hay pocos recursos disponibles (como diccionarios dedicados, juegos e historias interactivas) para esta comunidad, y todavía hay poco apoyo en esta materia. Por lo tanto, existe la necesidad de responder a los requisitos educativos especiales de los niños sordos, que presentan dificultades en la comunicación, el aprendizaje y la interacción social. (Torres, Carvalho, & Soares, 2018)

Los juegos serios brindan una excelente oportunidad para superar la falta de contenido digital educativo disponible para la comunidad con discapacidad auditiva. (Escudeiro, Escudeiro, Norberto, & Lopes, 2017)

#### **4.4.2 Reconocimiento de Gestos:**

Como los gestos con las manos constituyen una poderosa modalidad de comunicación interhumana, pueden considerarse también como un medio intuitivo y conveniente para la comunicación entre humanos y máquinas. Esto justifica el interés de la comunidad de investigación en el desarrollo y avance de las tecnologías de gestos manuales. Una de las habilidades más importantes de una interfaz de usuario natural eficiente es, por lo tanto, su capacidad para reconocer en tiempo real los gestos con las manos. La implementación de recientes tecnologías que apoyan estas investigaciones ha sido de gran ayuda para mejorar la precisión del reconocimiento. Herramientas como el Microsoft Kinect, que ofrece no solo un reconocimiento de las manos y sus puntos clave, sino también de la profundidad y distancia en que se encuentran, son de gran relevancia para lograr el objetivo del reconocimiento de gestos. (Plouffe & Cretu, 2016)

#### **4.4.3 Procesos:**

Los componentes principales de un sistema de reconocimiento de manos son la adquisición de datos, la localización de manos (por ejemplo, la segmentación y el seguimiento), la identificación de funciones de manos y el reconocimiento de gestos basados en las funciones

identificadas. La solución clásica para la adquisición de datos son las cámaras de color que ya se han empleado con éxito en tareas de reconocimiento de gestos. Sin embargo, estas soluciones son sensibles al desorden, las condiciones de iluminación y el color de la piel. La captura de video tiene el desafío adicional relacionado con la velocidad del movimiento. En términos de captura de movimiento 3-D a nivel de los dedos, las soluciones posibles incluyen sistemas de marcadores ópticos, acelerómetros, rastreadores magnéticos y guantes de datos. Estos requieren una calibración extensa, limitan el movimiento natural de los dedos y son generalmente muy costosos. La captura de movimiento sin marcadores basada en la visión se hizo posible en gran medida debido a la introducción en el mercado del Kinect, un sensor de bajo costo que recopila información posicional sobre el movimiento de un individuo. Los datos capturados por este sensor, en forma RGB-D (información de color y profundidad), se utilizan a menudo como una fuente para la detección y el reconocimiento de gestos con las manos. Si bien hay una buena evaluación para el reconocimiento de gestos en general y una centrada en imágenes de profundidad, la siguiente revisión bibliográfica resume brevemente las soluciones que utilizan datos RGB-D para el reconocimiento de gestos con las manos. (Plouffe & Cretu, 2016)

## **5. DESARROLLO DEL PROYECTO**

En el presente capítulo se detallará los procesos realizados durante cada objetivo específico del proyecto para lograr cumplir con los indicadores de éxito establecidos.

### **5.1 OE1: Analizar criterios de game user experience y algoritmos de reconocimientos de gestos para la detección de lenguaje de señas**

Se analizó diferentes papers indexados en Scopus correspondientes a la literatura actual del tema del proyecto. Se dividió la búsqueda en dos campos: Game User Experience, con el fin de obtener los criterios en los que enfocarse para el diseño del arte y las mecánicas del juego, para así poder optimizar la experiencia del jugador; y Algoritmos de Reconocimiento de Gestos, para obtener qué algoritmos de machine learning generan mejores resultados en las tareas del reconocimiento de gestos de lenguaje de señas.

También se realizó un benchmarking de algoritmos, con el fin de obtener la eficiencia de los algoritmos en la tarea de realizar el reconocimiento de lenguaje de señas. De esta comparación fue donde se tomó la decisión de algoritmo a utilizar en el proyecto.

En base al análisis realizado en esta sección del proyecto, se generaron los documentos del Estado del Arte y Marco Teórico del Proyecto.

### **5.2 OE2: Diseñar arquitectura y ambiente del juego orientados a Realidad Virtual e interacción del jugador mediante gestos**

En esta etapa, se crearon los diversos documentos de diseño del juego, basados en la metodología planteada en el libro “Level Up: The Guide To Great Video Game Design”. Esta metodología consiste en generar 4 documentos, siendo cada uno una versión más completa del anterior, y terminando con el Game Design Document (GDD), donde se explica todos los aspectos, mecánicas, historia y secciones que compondrán el juego. Para elaborar los documentos de diseño se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de la fase anterior. Durante esta etapa, también se creó el gráfico de la arquitectura del juego, detallando la interacción entre los diferentes módulos que tendrá el proyecto y a su vez su interacción de éstos con el usuario, y las acciones que realizarán.

Una vez generado el GDD, se procedió a utilizar el motor de juegos de Unity para el desarrollo del ambiente del juego. Éste consistiría en el juego con un arte básico y con las mecánicas



funcionales, en espera de la integración con el algoritmo de reconocimiento de gestos, que funcionará para obtener el input dado por el usuario a manera de gestos de lenguaje de señas. Para esta tarea se implementó el módulo de realidad virtual al juego, haciendo uso del dispositivo HTC Vive. También se implementó el Vive Hand Tracking SDK, para la detección de manos mediante la cámara del dispositivo. Ésta capta la mano y dibuja una representación en esqueleto de ésta dentro del juego.

### **5.3 OE3: Desarrollar un algoritmo supervisado para el reconocimiento de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano en un juego en VR**

En este objetivo se buscó diseñar un modelo de redes neuronales que cumpliera la tarea de reconocer los gestos de lenguaje de señas con eficiencia.

Para lograr esta tarea, se creó un dataset de los gestos que se utilizan en el juego. Éste consiste en 80277 instancias, repartidas entre los 24 diferentes gestos de letras. El dataset se creó al grabar las posiciones espaciales de los 21 keypoints de la mano que nos brinda el SDK utilizado. Luego, se dividió en data de entrenamiento (75%) y data de test (25%), para poder utilizarse en el diseño de modelos de redes neuronales.

Se crearon varios modelos de red con diferentes configuraciones, variando parámetros como épocas, capas y neuronas. Para evaluar los modelos se utilizó las métricas de bias y varianza, las que nos indican si una red está construida adecuadamente, y la precisión en clasificar los gestos. Al finalizar la evaluación, se eligió el modelo con mejores resultados y se pasó a implementar en el juego.

Al estar el algoritmo implementado en el juego, se realizaron test con diferentes personas, donde se obtuvo que el algoritmo era bastante eficiente en el reconocimiento de la mayoría de los gestos utilizados; sin embargo, al haber algunas letras con una alta similitud, el algoritmo fallaba en diferenciarlas en ocasiones (**ver Anexo G**).

### **5.4 OE4: Validar el Serious Game usando PlayTesting y encuestas, y juicio de un experto en juegos y otro en educación**

En este objetivo, una vez desarrollado el juego, se buscó validar su efectividad en la tarea de enseñar los gestos estáticos del lenguaje de señas, además de evaluarlo con criterios de game

user experience. Para esto, se creó una encuesta en donde se evaluó los puntos mencionados. Se invitó a 20 estudiantes universitarios que no padecían de sordera a probar el juego y responder la encuesta. Con el fin de descubrir cómo optimizar la experiencia y aprendizaje del jugador, el juego tuvo dos configuraciones, en éstas se diferencia la cantidad de letras que se aprenderán por nivel y la cantidad de niveles que tiene el juego. Posteriormente también se le mostró el juego a un experto en juegos y a uno en educación de lenguaje de señas, con el fin de obtener sus opiniones acerca del juego y de su eficiencia en cumplir nuestro objetivo.

## 6. RESULTADOS DEL PROYECTO

En el presente capítulo se detallará los resultados obtenidos en cada objetivo específico del proyecto, y cómo éstos cumplen con los indicadores de éxito establecidos.

### 6.1 OE1: Analizar criterios de game user experience y algoritmos de reconocimientos de gestos para la detección de lenguaje de señas

Se creó un documento con el detalle del análisis de papers, el cual fue presentado y aprobado ante el asesor cliente del proyecto. El documento consiste en:

#### Análisis de algoritmos

Para poder seleccionar el algoritmo más beneficioso para nuestro proyecto se analizaron diversos papers que utilizaban reconocimiento de gestos y se evaluaron los resultados obtenidos con sus respectivas técnicas. Para ello, se realizó la siguiente tabla (**ver Tabla 2**), en la cual se muestra la información mencionada anteriormente.

Al evaluar estos artículos concluimos que el uso de redes neuronales genera mejores resultados que el uso de machine learning tradicional, así como también demuestra ser una mejor elección para detección de gestos en tiempo real. También pudimos notar que al usar un esqueleto de la mano con sus características espaciales se puede lograr un algoritmo más preciso para el reconocimiento de gestos, en comparación de al utilizar imágenes de los gestos. Por otro lado, el uso de dispositivos facilita la obtención del esqueleto de la mano y los puntos clave de ésta.

En vista a estos datos obtenidos de la investigación, para el presente proyecto hemos propuesto el uso del dispositivo HTC Vive y herramienta Hand Tracking SDK para la detección de las manos y creación del esqueleto con los puntos clave de ésta en tiempo real. Para el reconocimiento de los gestos realizados se emplea redes neuronales con la posición de los puntos claves de la mano como input, siendo estos las características espaciales de los gestos.

Tabla 2: Análisis de Algoritmos

Título	¿Reconocimiento en videos o con puntos clave?	Características que usan	¿Qué clasificador utilizan?	Resultados y conclusiones
Dynamic gesture recognition based on MEMP network	Video	características espaciales y temporales	ConvLSTM	El modelo desarrollado se probó en 3 datasets públicos, a la par de otros diferentes modelos, obteniendo éste la mejor precisión en comparación. Siendo su precisión en el reconocimiento de gestos de LSA: 99.063%, IsoGd: 74.57% (RGB) - 78.85% (RGB depth), SKIG: 97.01% (RGB) - 99.02% (RGB-depth). Se concluye que este modelo es capaz de reconocer gestos de diferentes datasets con un alto grado de precisión y obteniendo mejores resultados que otros modelos mencionados.
Real time sign language recognition using depth sensor	Sensores de Kinect	distancia entre las articulaciones, ángulos y velocidad que envuelve el cuerpo entre las articulaciones	SVM multiclase	Se logró reconocer el 87% de gestos en tiempo real

<p>Continuous Gesture Recognition with Hand-Oriented Spatiotemporal Feature</p>	<p>Esqueleto de la mano</p>	<p>posición de la mano</p>	<p>SVM</p>	<p>El modelo desarrollado se probó con el dataset de gran escala de Chalearn y se obtuvo que al fusionar características de manos y rostro obtenidas por C3D y usarlas para la clasificación, se obtiene un mejor desempeño de la red. También se puede notar que el modelo consigue el mejor resultado en precisión de reconocimiento de los gestos en comparación con otros modelos, siendo de 61.03%. Se concluye que al usar el modelo diseñado en este paper se puede lograr reconocer gestos continuos de gran escala efectivamente.</p>
<p>A real-time human-robot interaction framework with robust background invariant hand gesture detection</p>	<p>Puntos clave de mano en un esqueleto de la mano en 3D dado por Kinect</p>	<p>Esqueleto 3D de la mano dada por Kinect, diversos fondos</p>	<p>CNN</p>	<p>Se logró obtener 98.9% de accuracy a pesar de las limitaciones que se obtuvieron en el experimento, como por ejemplo la profundidad del rango del sensor de visión.</p>

<p>Neural sign language translation based on human keypoint estimation</p>	<p>Videos</p>	<p>keypoints de la cara, mano y partes del cuerpo</p>	<p>Redes neuronales</p>	<p>Se comparó el modelo con otras técnicas conocidas en diversos campos como Tipo de características, Método de normalización, Tipo de atención, Número de frames, etc., utilizando las métricas mencionadas y probándolo en la data de validación y la data de prueba. Se obtuvo que utilizando el modelo de los autores y usando como características los puntos clave de la persona (obtenidos por OpenPose), se consiguen los mejores resultados (en ocasiones solo para un tipo de data). Se concluye que a pesar de la falta de un dataset extenso, se puede lograr buenos resultados utilizando los puntos clave de la persona como características para el modelo. Viéndose también mejores resultados al usar estas características en comparación con las obtenidas por CNN de las imágenes.</p>
--	---------------	---	-------------------------	--

<p>Multi-modal spatio-temporal co-trained CNNs with single-modal testing on RGB-D based sign language gesture recognition</p>	<p>Camara de video</p>	<p>Espacios de entrenamiento: RGB espacial en flujos principales y profundidad espacial, RGB y profundidad temporal en flujos de regiones de mapeos de interés. Espacios de testeo: RGB y RGB de data temporal</p>	<p>CNN</p>	<p>Para el reconocimiento de señas se logró reconocer en el 89.9% en data RGB espacial</p>
<p>A Chinese sign language recognition system using leap motion</p>	<p>Leap motion</p>		<p>KNN</p>	<p>Se probó clasificando gestos de dígitos y letras del alfabeto, obteniéndose 96.8% y 96.0% de precisión respectivamente. Se observó que algunos gestos no tenían una precisión demasiado alta debido a su parecido con otros gestos, debido al algoritmo clasificador que se usa. Se concluye que usando las características del gesto obtenidas por el leap motion se puede lograr una buena clasificación y que el algoritmo de KNN tiene algunas limitaciones con este tipo de tareas.</p>

<p>Heterogeneous hand gesture recognition using 3D dynamic skeletal data</p>	<p>Cámaras</p>	<p>Información de la posición de la mano, data esquelética de la mano (representación temporal y estadística).</p>	<p>SVM</p>	<p>Para el dataset DHG-14 se obtuvo 86.66% de accuracy, para el dataset DHG-28 se obtuvo 84.22%, Para el segundo dataset, HandiCraft-Gesture, se logró obtener 97.11% y para el último se obtuvo 74% considerando las secuencias pre-segmentadas del dataset. Con los resultados obtenidos, se encontró una forma prometedora de poder reconocer gestos utilizando el esqueleto de la mano, demostrando que el método empleado, supera a otros aportes basados en profundidad. Sin embargo, en un futuro se planea utilizar redes neuronales para poder representar la complejidad de la información temporal y dinámica del gesto</p>
<p>Hand Gesture Recognition System for Touch-Less Car Interface Using Multiclass Support Vector Machine</p>	<p>Videos</p>	<p>porción de la piel usando espacio de colores HSV, YCgCr Y y CbCr y características de los bordes</p>	<p>SVM</p>	<p>El sistema se probó usando el dataset de gestos de Cambridge, dedicando una parte para entrenamiento y otra para prueba. La precisión para detectar cada gesto individualmente fue de 71.42% en el peor de los casos, y varios 100% en otros gestos. Se concluye que reconocer gestos utilizando características de color y tamaño puede brindar buenos resultados.</p>



Fast and robust dynamic hand gesture recognition via keyframes extraction and feature fusion	Keyframes de gestos en video	no menciona	SVM	Se logró el 98.23% y 96.89% de accuracy en los datasets de Cambridge y Northwestern. Por otro lado, el modelo completo logró clasificar una secuencia de test en 4.31, 10.89, 13.06 y 4.26 segundos en los 4 datasets siendo menor al tiempo empleado por otros métodos. Se lograron obtener mejores resultados en menor tiempo que los presentados en el estado del arte
Real-time musical conducting gesture recognition based on a dynamic time warping classifier using a single-depth camera	Cámara para capturar imágenes en tiempo real	esqueleto creado por la posición de la palma	Dynamic Time Warping	Se realizó pruebas y se comparó la precisión del sistema con otros trabajos relacionados, obteniendo el segundo mejor resultado, siendo de 89.17%. Sin embargo, este sistema brinda más opciones y más alcance para la detección de gestos de músicos, tales como más ángulos, gestos y tempos. Se concluye que el uso de Kinect para reconocer los gestos dinámicos usados por los músicos brinda buenos resultados. El sistema posee algunas limitaciones como el hecho de grabar a 30fps lo cual afecta el rendimiento a mayor velocidad de gestos; así como también posee beneficios tales como que, al usar Kinect, el fondo o la ropa de la persona no afecta al desempeño del algoritmo.

Recognition of American Sign Language gestures in a Virtual Reality using Leap Motion	Leap motion	localización en un espacio 3d	Hidden Markov Algorithm	Se logró un 86.1% de accuracy para el reconocimiento de gestos. A pesar de que los resultados fueron similares a otros propuestos por el estado del arte, se presentaron algunos problemas como por ejemplo que el dispositivo leap motion identificaba de forma errónea la posición de los dedos.
Dynamic Sign Language Recognition Based on Video Sequence with BLSTM-3D Residual Networks	Video	características espacio temporales	B3D ResNet	Se probó el modelo planteado en los datasets y se evaluó la precisión de reconocer el gesto en comparación con otros métodos, obteniendo que éste consigue los mejores resultados en ambos datasets, siendo 89.8% para DEVISIGN-D y 86.9% para SLR_Dataset. Se concluyó que el modelo implementado, haciendo uso de características espaciotemporales, es capaz de reconocer efectivamente los gestos en los videos.
A deep learning approach for analyzing video and skeletal features in sign language recognition	Video	Características del cuerpo, mano y cara de forma esquelética e imágenes y flujo óptico de un video	deep network	El método propuesto logró obtener 99.84% de accuracy logrando sobrepasar a los mencionados en el estado del arte.

Hand Gesture Recognition for Game 3D Object Using the Leap Motion Controller with Backpropagation Method	Puntos clave de la mano obtenidas por Leap Motion Controller	Coordenadas x, y, z de los puntos de la mano	Backpropagation artificial neural network	Se usó Weka para obtener el modelo con los mejores resultados en reconocer los gestos usando la data obtenida con el Leap Motion. El modelo obtenido fue Backpropagation artificial neural network, con una precisión de 96.6667%.
Three-Dimensional Sign Language Recognition with Angular Velocity Maps and Convolved Feature ResNet	No mencionan		CNN	Se plantearon 5 arquitecturas con ResNet con 15, 29, 42, 65 y 101 capas obteniendo más del 90% de reconocimiento en los 4 datasets propuestos superando a los mencionados en el estado del arte.
Real-time Indian Sign Language (ISL) Recognition	Cámara de smartphones	Color de piel, posición de la mano de un vector característico,	KNN, Hidden Markov Model chains	Se probó el modelo utilizando la data obtenida y se generó una matriz de confusión indicando el rendimiento del modelo. Se concluye que, al utilizar técnicas de procesamiento de imágenes, tales como segmentación de fondo y rostros, y detección de bordes, y combinarlas con modelos de machine learning (en este caso KNN y HMM) se consiguió un sistema capaz de reconocer la pose y el gesto de la mano.

Sign language recognition based on hand and body skeletal data	Videos	características del esqueleto de la mano y cuerpo	Deep neural network que consiste en capas LSTM	Se logró obtener 98.09% de accuracy. Se logró obtener buenos resultados sin la necesidad de guantes con sensores especiales obteniendo data de secuencias de videos y el esqueleto de la mano y cuerpo
PRAXIS: Towards automatic cognitive assessment using gesture recognition	Kinect como cámara de video	Imágenes de parches alrededor de la mano	LSTM	Se comparó el modelo con otras técnicas y características usadas para el reconocimiento de gestos, obteniéndose un mejor resultado en las diferentes métricas usadas para medir el desempeño, teniendo un 90% de accuracy promedio. Se concluye que el modelo es capaz de reconocer gestos complejos y es factible su implementación para temas médicos.
Enhanced dynamic programming approach for subunit modelling to handle segmentation and recognition ambiguities in sign language	Video	vectores espacio temporales	Subunit Multi-Stream Parallel HMM (SMP-HMM)	En el dataset GB1 se logró el 100% de exactitud, en el GB2 97.4% y en el GB3 98.6% haciendo un promedio de 98.6% de exactitud. Para el tiempo se logró 1.22s para el primer dataset, 1.29s para el segundo y 1.25s para el tercero haciendo un total de 1.25 en promedio. Al compararlo con otros métodos mencionados en el estado del arte logró obtener mayor se realizó un test en diferentes oraciones haciendo un promedio de 98.9% de exactitud

				superando a los otros métodos mencionados en el estado del arte
A framework for human-computer interaction using dynamic time warping and neural network	Cámara de Kinect	localización de 20 articulaciones	Nearest Neighbor or Dynamic Time Warping	Se probó el modelo usando 3 testers realizando los diferentes gestos que puede detectar el sistema. Se obtuvo una precisión promedio de más del 90%.
Bangla Sign Language recognition using convolutional neural network	Leap motion	esqueleto de la mano que tiene como data posición, orientación, rotación	CNN	Se logró un 2% de error rate en expresiones de señas básicas. Se pudo extraer características importantes gracias al Leap Motion permitiendo capturar frames continuos y gracias a eso se pudo obtener un bajo rango de error

<p>A position and rotation invariant framework for sign language recognition (SLR) using Kinect</p>	<p>Sensores de profundidad del Kinect</p>	<p>Información del esqueleto, posición</p>	<p>HMM</p>	<p>Se evaluó el rendimiento del modelo comparándolo con SVM, evaluado con las métricas planteadas. Se obtuvo mejores resultados con el modelo planteado, siendo el accuracy obtenido de 83.77%. Se concluye que el sistema propuesto brinda una solución a los problemas de ocultación de la información, al hacer el sistema invariante a la posición y rotación.</p>
<p>Learning deep and compact models for gesture recognition</p>	<p>Video</p>	<p>no menciona</p>	<p>3DCNN+ LSTM</p>	<p>El algoritmo empleado logró obtener 93.2% de accuracy superando a los algoritmos base de CNN (90.1%) y LSTM (86.6%). Además, se mostró como la información puede ser destilada de un modelo grande a modelos con menores parámetros haciendo que el tiempo de entrenamiento sea menor.</p>
<p>Adaptive key frame extraction from RGB-D for hand gesture recognition</p>	<p>Video</p>	<p>espacio de color y profundidad</p>	<p>SVM</p>	<p>Se prepararon tres experimentos con cada gesto a 15 y 30 frames, en ambos casos el método propuesto logró 93.5% mientras que los otros dos comparados lograron 92.17% y 91.83. Los autores pudieron concluir que la combinación del color de la piel y un umbral profundo pueden ayudar a reducir la influencia de fondos complejos</p>

Fuente: Elaboración Propia

### Análisis de game user experience

Se evaluó diversos artículos científicos enfocados a Serious Games y a los factores que se deben de tener en cuenta para que se logre su objetivo de enseñanza y diversión. Para ello se realizó la siguiente tabla (**ver Tabla 3**), en la cual se muestra la información de los artículos.

Al evaluar los artículos, concluimos que para lograr que el Serious Game cumpla efectivamente su objetivo de enseñanza y genere una buena experiencia usuario, es necesario enfocarse en los factores de inmersión, aprendizaje y emoción. En base a estos factores se creará el documento de diseño de nuestro juego, para posteriormente desarrollar el juego.

A continuación, se explicará la manera en la que se planea incluir estos factores en el juego:

- Inmersión: Gracias al uso de realidad virtual y buena arte en el juego, se logrará que el jugador se sienta inmerso en el mundo del juego.
- Aprendizaje: El juego requerirá que el usuario amplíe sus conocimientos para poder continuar y finalizar el juego, cada desafío o enemigo en el juego están pensados en hacer el uso de gestos de lenguaje de seña para superarlos.
- Emoción: Con el uso de una historia alentadora y con el jugador como protagonista, se sentirá comprometido y enfocado en continuar y terminar el juego.

Tabla 3: Análisis de Game User Experience

<b>Título</b>	<b>Aporte</b>
<b>A serious game for learning Portuguese sign language - “iLearnPSL”</b>	Se desarrolló una dinámica e interactiva herramienta de juegos virtuales para el aprendizaje de Lenguaje de Señas Portugués, en especial los números del 0 al 9.
<b>Development of a serious game for Portuguese Sign Language</b>	Se desarrolló un serious game enfocado a la enseñanza del lenguaje de señas portugués para niños con sordera o mudas puedan
<b>VirtualSign Game Evaluation</b>	Utilizan VirtualSign, un juego portugués para el aprendizaje de lenguaje de señas, para

	poder enseñar este tema de una forma fácil y entretenida
<b>Dynamic game balancing implementation using adaptive algorithm in mobile-based Safari Indonesia game</b>	Se toma en cuenta que el juego sea principalmente divertido y no frustre a las personas
<b>An Innovative Model for Adaptive Learning Utilizing Biofeedback and Item Response Theory</b>	Se toma en cuenta la enseñanza que el juego logra en los usuarios y el disfrute que tengan a lo largo de la sesión de juego.
<b>A generic and efficient emotion-driven approach toward personalized assessment and adaptation in serious games</b>	Se toma en cuenta la inmersión en el juego y la cantidad de emociones positivas en contra de las negativas que se obtienen al jugar.
<b>An approach to evaluating the user experience of serious games</b>	Se toma en cuenta diversas métricas en varios campos relacionados con el user experience y trata de que el juego satisfaga estas métricas de la mejor manera.
<b>Towards a system of customized video game mechanics based on player personality: Relating the Big Five personality traits with difficulty adaptation in a first-person shooter game</b>	Se toma en cuenta la personalidad del jugador en base a lo encontrado a la literatura mostrada, para poder seleccionar la dificultad del juego.
<b>Examination of the Relationship Between Gender, Performance, and Enjoyment of a First-Person Shooter Game</b>	Se toma en cuenta factores como el género y la forma en que se plantea que reaccionará la persona al juego en base a su género.
<b>Comparison of similarity measures to differentiate players' actions and decision-making profiles in serious games analytics</b>	Se toma en cuenta las similitudes en las acciones del jugador para poder clasificarlos en perfiles GAD (Explorador, Completista, Abandonador). En base a esto se definirán las mecánicas del juego.
<b>Adaptive Impedance Control Applied to Robot-Aided Neuro-Rehabilitation of the Ankle</b>	Se toma en cuenta que el juego sea interactivo con el Usuario y en base a esa



	interacción y el desempeño mostrado por la persona, se ajuste la dificultad.
<b>A game player expertise level classification system using electroencephalography</b>	Se toma en cuenta la clasificación del jugador entre experto o novato, en base a evaluaciones realizadas por aparatos médicos.
<b>Adaptive Serious Game as a learning approach for microbiology</b>	Se enfoca en optimizar el aprendizaje y la experiencia usuario, enfocándose en sentimientos del usuario englobados en inmersión, aprendizaje y emoción.

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2 OE2: Diseñar arquitectura y ambiente del juego orientados a Realidad Virtual e interacción del jugador mediante gestos

Se crearon los múltiples documentos de diseño de juego: Brain Storming, One-Sheet (ver Anexo B), Ten-Page Design Document (ver Anexo C), Beat Chart (ver Anexo D) y Game Design Document (ver Anexo E), cada uno más completo que el anterior, siguiendo la metodología mostrada en el libro “Level Up: The Guide to Great Video Game Design”.

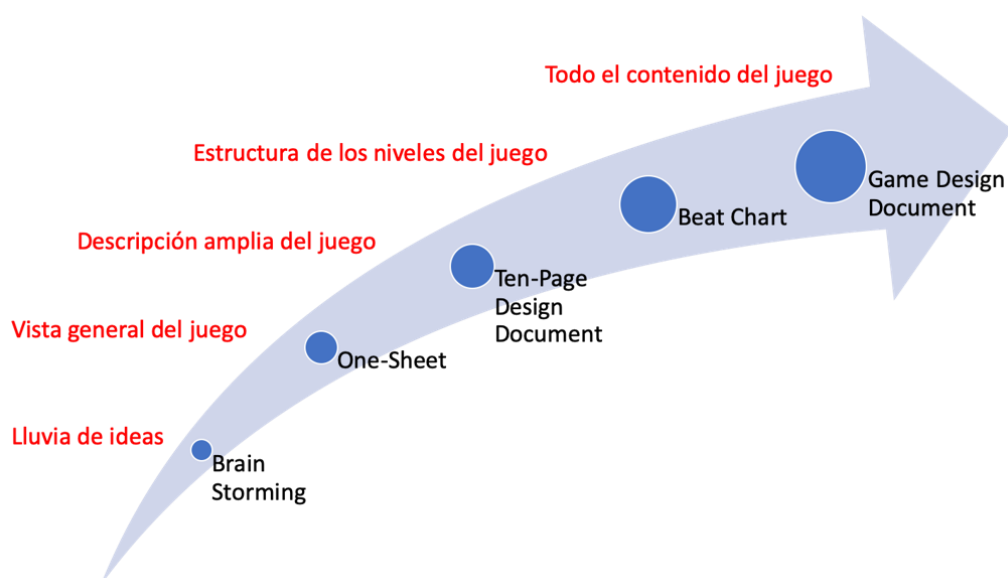


Ilustración 1: Flujo de documentos de diseño del juego

Fuente: Elaboración Propia

También se creó el gráfico de la arquitectura del sistema, detallando la conexión entre los módulos del juego y la interacción que hay entre éstos y con el usuario.

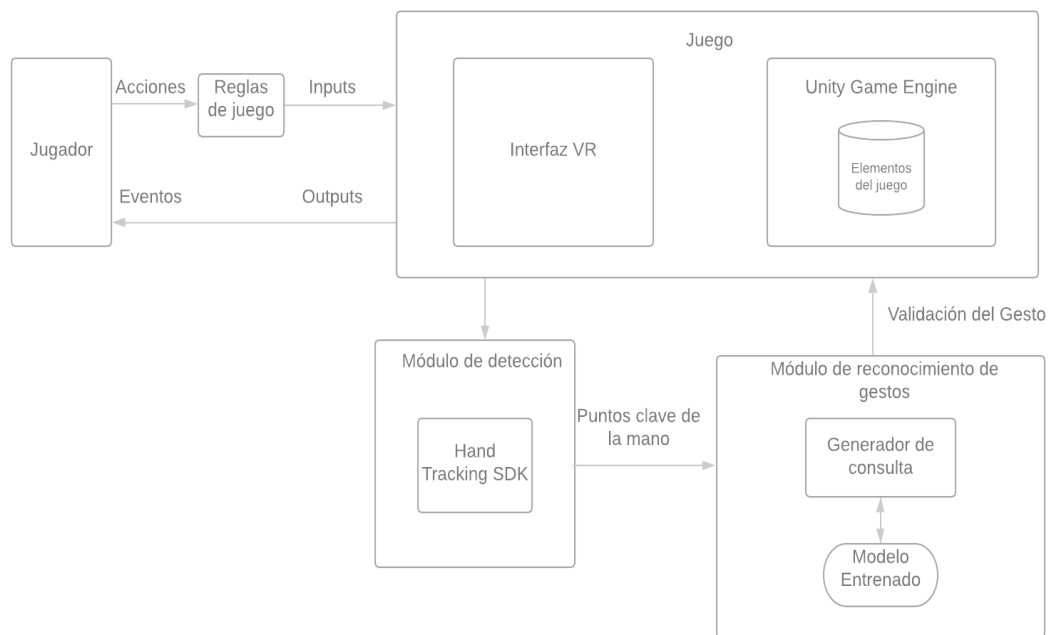


Ilustración 2: Arquitectura de Software de Entretenimiento

Fuente: Elaboración Propia

Estos documentos fueron presentados y aprobados por el asesor cliente del proyecto.

### 6.3 OE3: Desarrollar un algoritmo supervisado para el reconocimiento de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano en un juego en VR

En los resultados de este objetivo tenemos la comparación de modelos que se realizó, evaluando las métricas que indican la eficacia de una red neuronal. Estos análisis fueron presentados al asesor cliente del proyecto y posteriormente aprobados.

#### Comparación de modelos de redes neuronales

Para determinar la mejor configuración de redes neuronales, diseñamos varios modelos de red, variando su N.º de épocas, cantidad de capas y número de neuronas por capa. Los modelos fueron entrenados con un dataset de prueba con los datos que recolectamos de los gestos estáticos del alfabeto del lenguaje de señas peruano y evaluamos sus resultados en la precisión al reconocer los gestos. Para la comparación de modelos, elegimos comparar modelos de 3, 4 y 5 capas, con 10, 25 y 50 épocas y 2 diferentes configuraciones de cantidad de neuronas por capa.

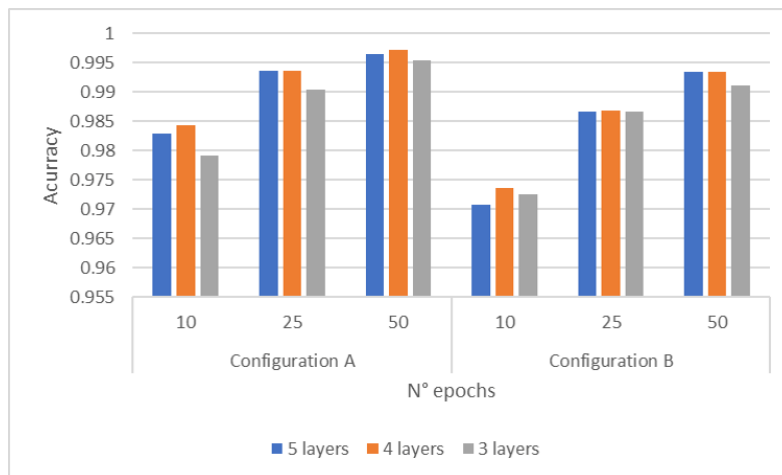


Ilustración 3: Comparación de Modelos de Redes Neuronales

Fuente: Elaboración Propia

De la comparación obtuvimos los valores que generaban el modelo con los mejores resultados para reconocer los gestos, siendo estos valores: Configuración A, 4 capas y 50 épocas. También se puede observar que los valores de precisión obtenidos por los modelos con 3 y 5 capas tienden a ser iguales o menores a los obtenidos por los modelos con 4 capas, por lo que se decidió emplear el modelo con 4 capas y no evaluar modelos con más o menos capas de los ya evaluados. Al evaluar la cantidad de épocas, observamos que mientras más capas, los valores de precisión de los modelos mejora, siendo los mejores cuando los modelos tienen 50 épocas. Decidimos no evaluar los modelos utilizando más capas debido a que la mejora en la precisión es mínima, además que el costo computacional incrementa exponencialmente.

#### Análisis de modelos de redes neuronales

Luego de entrenar el modelo usando una dataset de entrenamiento y luego probarlo haciendo uso de un dataset de test, se obtuvieron los siguientes resultados.

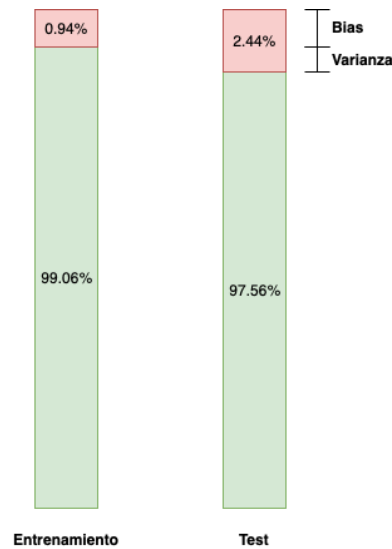


Ilustración 4: Análisis de Bias y Varianza

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos ver, el Bias obtenido es de 0.94% y la varianza de 1.5%, por lo tanto, el modelo creado no se encuentra expuesto a sobre entrenamiento o falta de entrenamiento. Además, se obtiene un alto porcentaje de precisión al reconocer los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano, siendo de 99.06% en el dataset de entrenamiento y 97.56% en el dataset de test.

#### 6.4 OE4: Validar el Serious Game usando PlayTesting y encuestas, y juicio de un experto en juegos y otro en educación

Durante el desarrollo del objetivo específico 4, se realizaron pruebas con posibles usuarios finales del sistema, haciéndolos pasar el juego completo y, a continuación, responder una encuesta sobre su experiencia en la sesión de juego. Se realizaron estas pruebas con 20 participantes de entre 18 y 29 años que no padecían de sordera. Se separó a los participantes en dos grupos, quienes jugarían diferentes configuraciones del juego. El Grupo A jugaría aprendiendo 3 letras por nivel, mientras que el Grupo B jugaría aprendiendo 6 letras por nivel. De las pruebas se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 4: Resultados de cuestionario de game user experience

Atributo	Pregunta	Promedio	
		Grupo A	Grupo B

Emoción	¿Disfrutaste la sesión de juego?	4.80	4.70
	¿Te parecieron atractivos los controles de juego?	4.50	4.50
	¿Te pareció atractivo el uso de Realidad Virtual en el juego?	5.00	4.80
Aprendizaje	¿Te parece el juego útil para aprender lenguaje de señas?	4.90	4.60
	¿Crees que el juego incentiva al aprendizaje de lenguaje de señas?	4.80	4.60
	¿Sientes que el uso de reconocimiento de gestos mediante Realidad Virtual mejora el aprendizaje de lenguaje de señas?	5.00	4.50
Inmersión	¿Son las mecánicas del juego fáciles de aprender?	4.60	4.60
	¿La ambientación te hizo sentir más inmerso en el juego?	4.00	4.60
	¿Las mecánicas y la interacción con el juego te hicieron sentir más inmerso en éste?	4.50	4.60
	¿Sientes que el uso de Realidad Virtual ayudo a que estés más inmerso en el juego?	4.80	4.90

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: Respuestas correctas en prueba de conocimientos

<b>Letra</b>	<b>Grupo A (n = 10)</b>	<b>Grupo B (n = 10)</b>
<b>A</b>	8	6
<b>B</b>	7	4

<b>C</b>	10	10
<b>D</b>	4	0
<b>E</b>	6	2
<b>F</b>	4	1
<b>G</b>	4	1
<b>H</b>	3	1
<b>I</b>	7	4
<b>K</b>	3	0
<b>L</b>	10	8
<b>M</b>	7	2
<b>N</b>	7	4
<b>O</b>	10	8
<b>P</b>	10	6
<b>Q</b>	8	2
<b>R</b>	5	3
<b>S</b>	6	1
<b>T</b>	8	0
<b>U</b>	7	7
<b>V</b>	7	6
<b>W</b>	8	7
<b>X</b>	8	1
<b>Y</b>	8	5

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar en la Tabla 4, de la encuesta de Game User Experience de los usuarios durante la sesión de juego, se obtuvo altos valores de promedio, por lo que se puede entender que el juego fue agradable para los jugadores, también que a su punto de vista el uso de este serious game para la enseñanza de lenguaje de señas peruano básico es bastante rentable.

En la Tabla 5 podemos observar los resultados que se obtuvieron en el cuestionario de conocimientos que se realiza posterior a haber terminado el juego, en donde obtenemos que los participantes del Grupo A obtuvieron una mejor calificación, por lo que se puede entender que

la configuración del juego donde se aprenden 3 letras por nivel es más eficiente para que el usuario logre aprender los gestos.

Como se muestra en la Tabla 4, los usuarios disfrutaron el juego y gracias a esto mejoraron los aspectos de aprendizaje del juego. Además, los participantes del experimento A obtuvieron mejores resultados en el atributo de aprendizaje y los del experimento B en la inmersión. Para el atributo de emoción, dependió básicamente de los elementos del juego como el arte, mecánicas y la interacción. El juego solo cambiaba la cantidad de letras por nivel, por lo tanto, este atributo tuvo resultados similares en ambos experimentos. Para el atributo de aprendizaje, el primer experimento tenía menos letras por nivel por lo que los jugadores podían aprender estos conceptos de manera más pausada y menos apresurada en comparación del segundo, por lo tanto, mejoró el aprendizaje del juego. Para el atributo de inmersión, el experimento A demoró mucho más en comparación del experimento B debido a que poseía el doble de niveles y esto podía hacer que los usuarios se sintieran cansados y menos motivados por el juego.

Los resultados del aprendizaje se registraron contando cuantas repuestas fueron correctas en el test que se aplicó después de realizar el experimento. Como se muestra en la Tabla 5, los participantes del experimento A obtuvieron mejores resultados que el experimento B. Además, las letras que más dificultades tuvieron los participantes para aprender fueron la D, F, G, H y K debido a que estas letras son similares con otras. Sin embargo, letras como la C, L, O, P y W fueron más fáciles de aprender debido a que tienden a diferenciarse más. Finalmente, se puede observar que los participantes que juegan más de 10 horas a la semana obtuvieron mejores resultados aprendiendo lenguaje de señas.

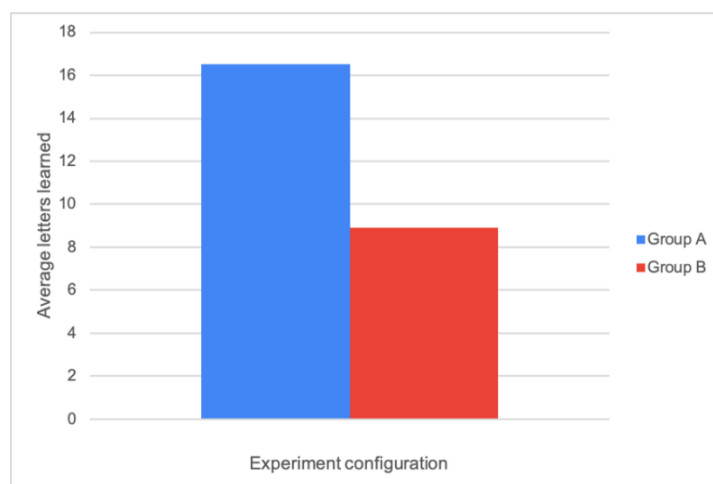


Ilustración 5: Promedio de letras aprendidas por grupo

Fuente: Elaboración Propia

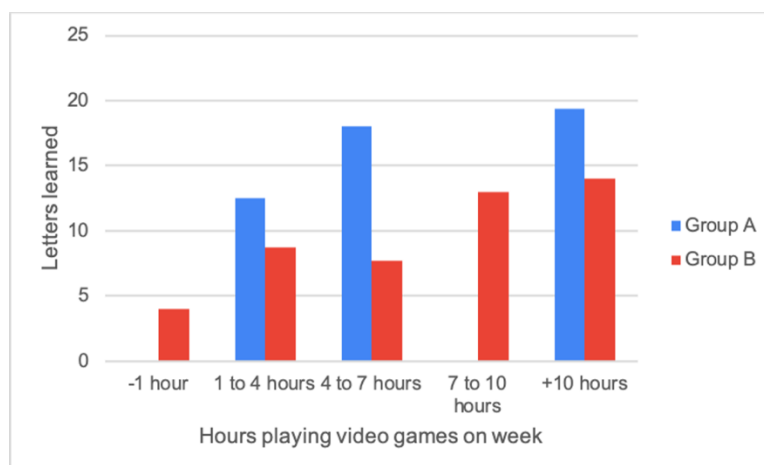


Ilustración 6: Promedio de letras aprendidas por grupo y cantidad de horas de juego a la semana

Fuente: Elaboración Propia

Además de las pruebas con los posibles usuarios finales, también evaluamos el juego con expertos en educación del lenguaje de señas peruano, juegos y algoritmos, con el fin de obtener su punto de vista y retroalimentación. Para cada uno de estos expertos, agendamos una reunión con ellos, donde les comentamos las mecánicas y objetivos del juego, posteriormente hicimos que lo probasen y nos dieran su opinión. Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.

Tabla 6: Análisis de expertos

Experto	Área	Descripción	Recomendaciones
Luis Wong	Juegos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajando en Indienova, ayudando a los desarrolladores chinos a publicar sus juegos a nivel mundial.</li> <li>Cofundador y Cabeza de Estudio de LEAP GameStudios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar aspectos de los elementos visuales.</li> <li>Tratar de poner jefes intermedios entre niveles.</li> <li>Tratar de controlar el movimiento del esqueleto.</li> <li>Implementar un tutorial.</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>Organizador del evento anual Global Game Jam en Lima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tratar que los usuarios prueben el juego durante varios días para ver su retención.</li> </ul>
Hugo Ronald Peña	Lenguaje de señas peruano (educación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingeniero Informática con pérdida de audición.</li> <li>Actual Docente de Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones – Universidad Nacional de Ingeniería.</li> <li>Capacitador de Curso de Señas Peruanas en las empresas privadas y públicos: Universal Textil S.A, Municipalidad de Lima, Inca Sur S.A y otros.</li> <li>Miembro de Equipo de Estudio de Sociolingüístico de Lengua de Señas Peruana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apuntar la palma hacia adelante.</li> <li>No mover demasiado la mano, que puede significar un gesto dinámico.</li> <li>Muy caro con el dispositivo VR, un app puede dar mejores resultados.</li> </ul>
Luis Canaval	Algoritmos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Profesor UPC.</li> <li>Asesor cliente de tesis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de dos modelos</li> <li>Aumento de data</li> <li>Uso de redes neuronales</li> <li>Métricas de varianza</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

## 7. Gestión del Proyecto

En el presente capítulo se comentará cómo se ha trabajado la gestión dentro del proyecto, tanto con las tareas a realizar por los jefes como con las funciones de los involucrados en el proyecto, a través de los diferentes documentos de gestión.

### 7.1 Descripción de Roles y Responsabilidades

Se definió las tareas de las que se encargaría cada integrante del proyecto, así como los conocimientos, habilidades y actitudes requeridas tanto para el desarrollo como para la gestión del proyecto.

Tabla 7: Características del Rol Requerido e Identificación del Recurso Humano de la Organización

Conocimiento	Habilidades	Actitudes
PMBOK	<ul style="list-style-type: none"><li>• Habilidades para la investigación.</li><li>• Habilidades comunicativas.</li><li>• Habilidades para la gestión.</li><li>• Habilidades de liderazgo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Actitud responsabilidad</li><li>• Actitud de compromiso con el proyecto</li><li>• Actitud de honestidad</li></ul>
SCRUM	<ul style="list-style-type: none"><li>• Habilidades comunicativas.</li><li>• Habilidades para la gestión.</li><li>• Habilidades de liderazgo.</li><li>• Habilidades para metodologías ágiles</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Actitud responsabilidad</li><li>• Actitud de compromiso con el proyecto</li><li>• Actitud de honestidad</li></ul>
C#	<ul style="list-style-type: none"><li>• Habilidades para la investigación.</li><li>• Habilidades comunicativas.</li><li>• Habilidades para el desarrollo de algoritmos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Actitud responsabilidad</li><li>• Actitud de compromiso con el proyecto</li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actitud de honestidad</li> </ul>
UNITY	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades para la investigación.</li> <li>• Habilidades comunicativas.</li> <li>• Habilidades para el desarrollo de videojuegos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actitud responsabilidad</li> <li>• Actitud de compromiso con el proyecto</li> <li>• Actitud de honestidad</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

Se detalló el tiempo de trabajo de los recursos humanos del proyecto.

Tabla 8: Recursos Humanos Requeridos en el Tiempo

Número Estimado	Fecha requerida proyectada	Fecha de retiro proyectada	Tiempo requerido
2	16/06/2019	29/06/2019	20h x Semana
2	18/08/2019	29/09/2019	20h x Semana
1	28/11/2019	02/11/2019	20h x Semana

Fuente: Elaboración Propia

También se creó un cronograma con las fases del proyecto y las actualizaciones del plan de gestión personal para cada fase.

Tabla 9: Acercamiento al Proyecto y Cronograma para Actualización del Plan de Gestión de Personal

Evento Disparador	Sincronización Prevista
-------------------	-------------------------

Planificación	<p>Actualizar Documentos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de Gestión de Alcance</li> <li>• Diccionario EDT</li> <li>• Matriz RAM</li> <li>• Plan de Gestión del Cronograma</li> <li>• Cronograma de proyecto</li> <li>• Plan de Gestión de RRHH</li> <li>• Plan de Gestión de Comunicaciones</li> <li>• Plan de Gestión de Riesgos</li> <li>• Matriz de Riesgos</li> </ul>
Análisis	<p>Realizar Documentos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimientos Del Software</li> <li>• Especificaciones de Caso de Uso</li> <li>• Documento de Arquitectura</li> <li>• Pruebas de Concepto</li> <li>• Diseño de Serious Game</li> </ul>
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar Aplicación</li> <li>• Serious Game</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

## 7.2 Diccionario EDT

Se estableció una jerarquía de los entregables en cada fase del proyecto.

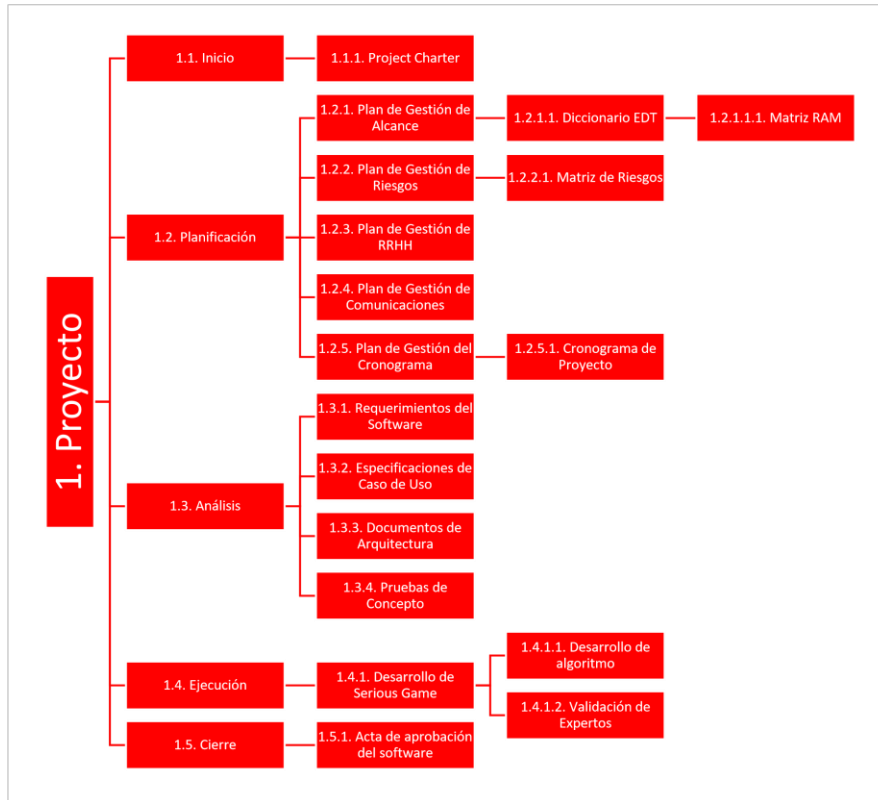


Ilustración 7: Estructura del árbol EDT

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se planificó la duración en horas para la elaboración, revisión y finalmente aprobación de cada uno de los entregables.

Tabla 10: Duración de Entregables

Nivel	Código de EDT	Nombre de Entregable	Horas
1	1.1.1	Project Charter	20h
2	1.2.1.1	Diccionario EDT	8h
2	1.2.1.1.1	Matriz RAM	4h
2	1.2.2.1	Matriz de Riesgos	6h
2	1.2.3	Plan de Gestión de RRHH	2h
2	1.2.4	Plan de Gestión de Comunicaciones	3h
2	1.2.5.1	Cronograma de proyecto	8h

3	1.3.1	Requerimientos Del Software	1h
3	1.3.2	Especificaciones de Caso de Uso	16h
3	1.3.3	Documentos de Arquitectura Física y lógica	4h
3	1.3.4	Pruebas de Concepto	24h
4	1.4.1	Desarrollo de Serious Game	24h
4	1.4.1.1	Desarrollo de algoritmo	24h
4	1.4.1.2	Validación de expertos	24h
5	1.5.1	Acta de aprobación del software	2h

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3 Plan de Gestión de RRHH

Se definió el organigrama del equipo de trabajo para el proyecto.

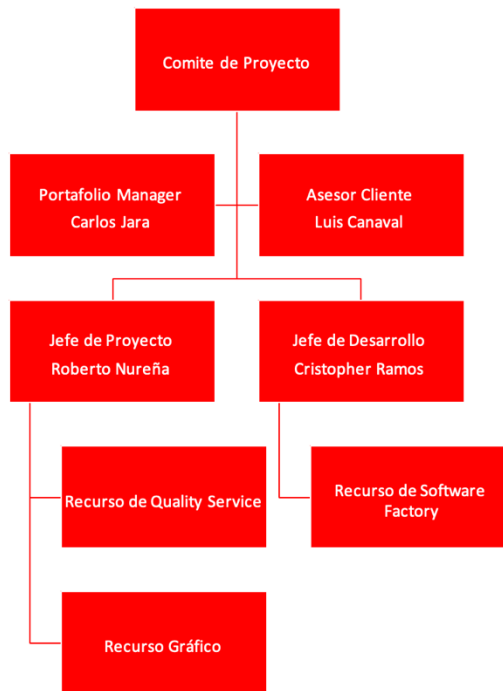


Ilustración 8: Organigrama del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Los roles involucrados en el desarrollo del proyecto son los siguientes:

**Comité de Proyectos:** Rol correspondiente a los coordinadores y director de carrera, los cuales se encargan de calificar el proyecto según lo planificado.

**Asesor Cliente:** Rol que desempeña el profesor al cual se le asignó el proyecto. Se encarga de dar los requerimientos y observar el avance de este según lo programado en el cronograma.

**Portfolio Manager:** Rol correspondiente al profesor asignado de la empresa IT RESEARCH & GAMES. Se encarga de ofrecer apoyo en la documentación, brindar materiales necesarios y verificar que los objetivos planteados se estén cumpliendo según cronograma. Además, se encarga de establecer la comunicación con el PMO en caso se requiera.

**Jefe de proyecto:** Rol correspondiente al alumno encargado del proyecto de serious game en realidad virtual para el aprendizaje de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas. Se encarga de agendar las reuniones con el cliente y gerente a cargo y los recursos de Quality Service.

**Jefe de desarrollo:** Rol correspondiente al alumno encargado del proyecto de serious game en realidad virtual para el aprendizaje de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas. Se encarga de establecer el alcance que tendrá el proyecto y agendar las reuniones los recursos de Software Factory.

**Recurso Software Factory:** Rol que desempeña el recurso asignado al proyecto y el cual sirve como apoyo para el desarrollo del proyecto. Se encarga de realizar ciertas actividades en el desarrollo de las pruebas de concepto y del aplicativo final.

**Recurso Quality Services:** Rol que desempeña el recurso asignado al proyecto y el cual sirve para validar los sprints desarrollados durante el proyecto.

**Recurso Gráfico:** Rol que desempeña el recurso asignado al proyecto que proveerá los diseños necesarios para el juego.

El procedimiento para el requerimiento y adquisición de personal es como sigue:

- Se realiza el análisis de los requerimientos del personal necesario para la validación e inspección de documentos. Se comunica esta necesidad al Portafolio Manager.
- La solicitud de analistas de calidad se comunica a la empresa Quality Services para verificar y realizar la distribución correcta de personal.
- El recurso de Software Factory se encarga de realizar ciertos requerimientos de apoyo en el proceso de desarrollo de la aplicación y de las pruebas de concepto.
- El jefe de línea de la empresa Quality Services se encargará de comunicarle al jefe de Proyecto y Asistente de Proyecto sobre el recurso asignado.

Para el proyecto se requirieron de 3 recursos humanos, siendo:

Tabla 11: Requerimientos de Personal para el Proyecto

<b>Nivel de Experiencia / Conocimiento</b>	<b>Tipo (Interno/ Externo)</b>	<b>Fase – Entregable del Proyecto requerido</b>	<b>Cantidad personal requerido</b>	<b>Total de Horas de participación en el proyecto</b>	<b>Costo Hora del personal requerido (S/.)</b>
Recurso Software Factory	Interno	Ejecución	2	180	0
Recurso Quality Services	Interno	Ejecución	4	80	0
Recurso Gráfico	Externo	Ejecución	1	20	25

Fuente: Elaboración Propia

En el presente proyecto se estiman los horarios de la siguiente manera:

Durante las semanas de desarrollo de proyecto se definirán 20 horas laborales por semana. Según horario asignado se realizarán las actividades en el horario de clase de 4:00 pm a 7:00 pm en los diversos campus de la Universidad Peruana de Ciencias aplicadas (UPC). Fuera de los días de trabajo establecidos para el proyecto se podrán realizar avances, sin embargo, todo avance deberá ser reportado para el seguimiento, respetando las actividades programadas en el cronograma de proyecto.

Se realizará liberación de personal solamente en casos de:

- Presencia de disputas personales graves entre los integrantes del proyecto y el personal de apoyo.
- Incumplimiento reiterado de actividades por parte del personal de apoyo.
- Retiro extraordinario del ciclo del personal de apoyo.



## 7.4 Matriz de Comunicaciones del Proyecto

Se define la manera y canal de comunicaciones entre las diferentes áreas del equipo de trabajo para la correcta coordinación y evaluación de avances.

Tabla 12: Matriz de Comunicaciones del Proyecto

Información requerida	Contenido	Responsable de elaborarlo	Para su entrega a los Stakeholders	Método de comunicación a utilizar	Frecuencia
Acta de reunión con el cliente	Acuerdos con el cliente	Jefe de proyecto	- Cliente	- Sharepoint - Correo	- Semanal
Acta de reunión con Portafolio Manager	Acuerdos con el portafolio manager	Jefe de proyecto	- Portafolio Manager	- Sharepoint - Correo	- Semanal
Acta de reunión con el recurso de SF	Acuerdos con el recurso de SF	Jefe de proyecto	- Jefe de Proyecto	- Presencial	- Semanal
Informe semanal	Acuerdos y actividades realizadas con el gerente y cliente	Jefe de proyecto	- Portafolio Manager	- Sharepoint	- Semanal

Fuente: Elaboración Propia

## 7.5 Matriz de Riesgos

Se definió los posibles problemas, tanto internos como externos, que podrían llegar a generar una inconveniencia en el desarrollo del proyecto, así como también se definió las estrategias para la respuesta ante estas situaciones y el cumplimiento del proyecto adecuadamente.

Tabla 13: Matriz de Riesgos del Proyecto

Cód. Riesgo	Fecha de registro	Categoría - Origen	Descripción del Riesgo	Disparador	Probabilidad	Impacto (HH)	Impacto
-------------	-------------------	--------------------	------------------------	------------	--------------	--------------	---------

[SGAMESL]-R001	12/05/19	Int - El proyecto	Cambio de cliente asignado	Ejecución	30% Baja	12	3 Media
[SGAMESL]-R002	12/05/19	Int - La tecnología	Dificultad en la implementación de los algoritmos a usar en el juego.	Ejecución	50% Media	24	5 Muy alta
[SGAMESL]-R003	12/05/19	Int - El proyecto	Dificultad en la implementación del nuevo dataset en el algoritmo de redes neuronales	Ejecución	50% Media	12	3 Media
[SGAMESL]-R004	12/05/19	Int - El proyecto	Falta de expertos para validar el proyecto	Cierre	30% Baja	12	3 Media
[SGAMESL]-R005	12/05/19	Ext - Usuarios	Dificultad de realizar las validaciones con los usuarios.	Ejecución	30% Baja	12	3 Media
[SGAMESL]-R006	12/05/19	Int - La tecnología	Actualización en la versión del motor de juegos, pudiendo alterar el funcionamiento del juego.	Ejecución	70%-Alta	12	3 Media
[SGAMESL]-R007	30/06/19	Ext - Producto	Dificultad para el préstamo del dispositivo de realidad virtual	Ejecución	70%-Alta	24	5 Muy alta
[SGAMESL]-R008	30/06/19	Int - La tecnología	Falta de equipo con la potencia	Ejecución	70%-Alta	12	3 Media

		necesaria para correr el proyecto				
--	--	---	--	--	--	--

Fuente: Elaboración Propia

De los riesgos listados, los que llegaron a ocurrir durante el desarrollo del proyecto fueron [SGAMESL]-R005, [SGAMESL]-R005 y [SGAMESL]-R007. A continuación, se detallará el proceso para afrontar estos riesgos.

#### [SGAMESL]-R005

Para este riesgo, se planteó su mitigación, mediante la estrategia de “Pedir a los involucrados que nos proporcionen sus secciones para realizar las pruebas”, ya que las pruebas las estábamos realizando dentro del campus universitario. Para realizar la estrategia, solicitamos al cliente que nos brinde apoyo, al dejarnos realizar las validaciones con los alumnos de algunas de sus secciones. De esta manera pudimos realizar las pruebas del sistema a tiempo.

#### [SGAMESL]-R006

Para este riesgo se planteó su mitigación. Ya que el riesgo consistía en una versión que nos generaba conflictos del motor de juegos, se planteó y siguió la estrategia de “Utilizar una versión fija del motor a lo largo del proyecto, a no ser que la actualización sea obligatoria”.

#### [SGAMESL]-R007

Para este riesgo se planteó evitarlo. El riesgo consiste en la dificultad de obtener acceso al dispositivo de realidad virtual necesario para el desarrollo, testeo y las validaciones del juego. Como estrategia para solventar el riesgo planteamos “Comprar nuestro propio dispositivo para poder desarrollar el proyecto”; sin embargo, debido al alto precio y dificultad de obtención del dispositivo, al final optamos por “Solicitar al PMO poder utilizar el dispositivo el día sábado”, ya que durante esos días el PMO tenía acceso a los dispositivos del campus y al haberle solicitado el préstamo del dispositivo con antelación, teníamos la certeza de tener el dispositivo para realizar nuestras actividades.

## 7.6 Matriz de Trazabilidad de Requerimientos

Se definieron los requerimientos del proyecto, con el fin de alcanzar los objetivos planteados.

Durante el diseño y desarrollo se tuvieron en cuenta estos requerimientos.

Tabla 14: Matriz de Trazabilidad de Requerimientos

ID	Requerimiento	Justificación	Prioridad/ Categoría	Propósitos u Objetivos del proyecto	Código EDT	Método de Revisión	Verificación de Alcance / Validación	Estado Actual	Fecha
001	El juego deberá ser en realidad Virtual	Para poder ofrecer una mejor inmersión al jugador, el juego deberá realizarse en realidad virtual	Alta	OE2: Diseñar arquitectura y ambiente del juego orientados a Realidad Virtual e interacción del jugador mediante gestos	1.4.1	Presencial	Cumplido	Aprobado	17/11/2019
002	El juego debe ser desarrollado para pc de escritorio	Debido al uso de la realidad virtual y la gran cantidad de procesamiento que se deberá utilizar, se deberá desarrollar el juego para pc de escritorio	Alta	OE2: Diseñar arquitectura y ambiente del juego orientados a Realidad Virtual e interacción del jugador mediante gestos	1.4.1	Presencial	Cumplido	Aprobado	17/11/2019
003	El juego debe reconocer los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano	Para poder ofrecer una base de lo que es el lenguaje de señas, se propone empezar a reconocer solo los gestos estáticos del alfabeto	Alta	OE3: Desarrollar un algoritmo supervisado para el reconocimiento de gestos estáticos del abecedario del	1.4.1	Presencial	Cumplido	Aprobado	17/11/2019

				lenguaje de señas peruano en un juego en Realidad Virtual					
004	El juego debe reconocer los gestos en tiempo real	Para que el usuario no pierda la inmersión dentro del juego, se deberá implementar un algoritmo que reconozca en tiempo real los gestos	Alta	OE3: Desarrollar un algoritmo supervisado para el reconocimiento de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano en un juego en Realidad Virtual	1.4.1	Presencial	Cumplido	Aprobado	17/11/2019
005	El juego deberá ser validado por un experto en juegos y otro en educación	Para poder demostrar que efectivamente se puede aprender con la propuesta de proyecto, se buscará dos expertos que den su validación	Alta	OE4: Validar el serious game usando PlayTesting y encuestas, y juicio de un experto en juegos y otro en educación.	1.5.1	Presencial	Cumplido	Aprobado	17/11/2019

Fuente: Elaboración Propia

## 7.7 Matriz de RAM

Se definió las responsabilidades de cada uno de los integrantes del equipo de trabajo para el proyecto. Las función que realiza el rol en el respectivo entregable pueden ser: **R** (Es el responsable del entregable), **C** (Coordina actividades del entregable), **P** (Participa en la construcción/elaboración del entregable), **A** (Aprueba entregable), **V** (Participa en el control de calidad del entregable), **F** (El entregable requiere su firma).

Tabla 15: Cuadro de Responsabilidades

<b>Código EDT</b>	<b>Entregable</b>	<b>Jefe de Proyecto</b>	<b>Jefe de Desarrollo</b>	<b>Portafolio Manager</b>	<b>Cliente</b>
1.1	Inicio	R, P	R, P	A, V	A, V
1.1.1	Project Charter	R, P	R, P	A, F	A, V, F
1.2.1	Plan de Gestión de Alcance	P	R, P	A	A, V
1.2.1.1	Diccionario EDT	R, P	P	A	
1.2.1.1.1	Matriz RAM	R, P	P	A	
1.2.2	Plan de Gestión de Riesgos	R, P	P	A	
1.2.2.1	Matriz de Riesgos	R, P	P	A	
1.2.3	Plan de Gestión de RRHH	R, P	P	A	
1.2.4	Plan de Gestión de Comunicaciones	R, P	P	A	
1.2.5	Plan de Gestión del Cronograma	R, P	P	A	
1.2.5.1	Cronograma de proyecto	R, P	P	A	
1.3.1	Requerimientos Del Software	P	R, P	A	
1.3.2	Especificaciones de Caso de Uso	P	R, P	A	
1.3.3	Documentos de Arquitectura Física y lógica	P	R, P	A	
1.3.4	Pruebas de Concepto	P	R, P		A

1.3.5	Diseño de Serious Game	P	R, P		A, V
1.4.1	Serious Game	P, F	R, P, F		A, F
1.5.1	Acta de aprobación del software			A	A, F
1.2.4	Plan de Gestión de Comunicaciones	R, P	P	A	

Fuente: Elaboración Propia

## 8. CONCLUSIONES

Durante la investigación, se identificó que, uno de los principales problemas que sufren las personas con discapacidad auditiva es la barrera de la comunicación. Además, se encontraron diferentes tipos de soluciones que pueden ayudar a que las personas sordas tengan una mejor comunicación con aquellos que no sufran de ella y que podrían servir de base para futuros proyectos, entre estas soluciones tenemos: el uso del robot NAO para el reconocimiento y traducción de gestos en (Jiang, Ma, Li, Ding, & Mu, 2018), el uso de Leap Motion para reconocer los gestos de lenguaje de señas de varios países como Estados Unidos, India y China en (Dzikri & Kurniawan, 2018), y el uso del algoritmo de Support Vector Machine para reconocer el lenguaje de señas peruano utilizando cámaras de baja resolución en (Berru-Novoa, Gonzalez-Valenzuela, & Shiguihara-Juarez, 2018).

El uso de realidad virtual fue un punto fuerte para poder tener mayor inmersión en el juego y poder obtener mejores resultados, así como para tener un mayor compromiso con el objetivo de aprendizaje. Además, según lo mostrado en el Capítulo 5 - OE4, podemos observar que al diseñar un juego para que las personas aprendan gradualmente cantidades más reducidas de información (3 letras por nivel) se obtiene mejores resultados que al darle mayor cantidad de información para aprender a la vez (6 letras por nivel).

La implementación de un algoritmo en tiempo real, para que pueda reconocer gestos, es de gran importancia en un juego debido a que las personas no pierden el flujo de éste. Por ello, la implementación de modelos previamente entrenados suele funcionar mejor para este tipo de casos. Podemos ver la eficacia de esto en el Capítulo 5 – OE4, al evaluar los niveles de inmersión de los usuarios y obtener un resultado promedio de 4.5 de un máximo de 5.

Finalmente, conocer la opinión de los expertos ayuda a tener otro punto de vista para el proyecto. Lo cual puede servir para que en trabajos futuros se tenga en cuenta dichas observaciones y tratar de aplicarlas para obtener mejores resultados. Entre estas observaciones tenemos: Mejorar aspectos visuales del juego, apuntar los gestos hacia adelante y no hacia el usuario, y aumentar el volumen del dataset. Estos comentarios se pueden observar en el Capítulo 5 – OE4.



## 9. RECOMENDACIONES

Uno de los principales problemas que tuvimos fue debido a que el HTC Vive solo posee una cámara que no detecta bien la profundidad y hace que el gesto renderice mal. Una solución a este problema es el uso del HTC Vive Pro que cuenta con dos cámaras, lo cual hace que detecte mejor la profundidad (Vive, 2019). La detección de las manos también se ve afectada por el fondo que ve la cámara, lo recomendable es emplear un fondo de color uniforme y de preferencia evitar fondos con color similar al de la mano del usuario.

Otro de los problemas que tuvimos, fue que existían varias letras con gestos similares. Estos son fácilmente reconocibles por el ojo humano, así como también se pueden detectar en los valores de los campos de nuestro dataset. El dataset que generamos mide las distancias espaciales entre las coordenadas x, y, z de 20 keypoints de la mano con las del keypoint 0 (la muñeca), por lo que los gestos que visualmente son similares también tendrán valores similares en sus campos dentro del dataset. Esta similitud provoca que el algoritmo de reconocimiento de gestos fallara al tratar de identificar el correcto, como en el caso de los gestos de las letras A y E, o M y N (**ver Anexo G**). Separar la data con solo los gestos similares podría mejorar la precisión al momento de reconocer gestos.

Para este proyecto se empleó el dispositivo HTC Vive, el cual tiene un costo elevado y no es accesible para todos. Sin embargo, el equipo que desarrolló el Vive Hand Tracking SDK (herramienta que empleamos para detectar las manos) propone a futuro implementar esta herramienta en celulares, para su utilización en conjunto con los CardBoard y que sea mucho más accesible. Es recomendable seguir investigando en este campo para poder desarrollar herramientas y programas de utilidad para la sociedad, implementando la realidad virtual a un menor costo.

Con el objetivo de mantener motivados a los jugadores para que le dediquen más tiempo al juego y de esa manera puedan aprender más, es recomendable implementar mecánicas de recompensa dentro del juego, como logros desbloqueables al superar un nivel o lograr un cierto puntaje.

## 10. GLOSARIO

- Serious Game: Video Juego que tiene como objetivo el aprendizaje de un cierto tema.
- Game User Experience: Percepción que tiene un jugador con el respectivo juego.
- PlayTesting: Técnica de evaluación de reacciones de usuarios al interactuar con el juego.
- Dataset: Conjunto de datos verídicos con los que se va a trabajar para la obtención de información.
- One-Sheet: Es un documento de diseño del juego, que consiste en una vista general de juego. Debe ser corta, clara e informativa.
- Ten-Page Design Document: Es un documento de diseño del juego, que consiste en una vista más detallada y pulida del juego. En éste se detallan las bases y mecánicas del juego.
- Beat Chart: Es un documento de diseño del juego, que consiste en la estructura para examinar el progreso del juego. En éste se indica la estructura de los niveles y el gameplay del jugador en éstos.
- Arquitectura de Software: Diseño de la estructura de un sistema, en éste se define las interacciones de diversos componentes e interfaces que componen dicho sistema.
- Algoritmo Supervisado: Algoritmos de Machine Learning que se caracterizan por recibir data ya clasificada (que se conozca el resultado) para su entrenamiento.
- Project Charter: Documento de gestión del proyecto, en el cual se indicará los objetivos, indicadores de éxito, alcance y riesgos del proyecto. Se realiza durante la fase de planificación, con el objetivo de poder realizar un correcto cronograma de actividades en base a éste.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

CONADIS. (Setiembre de 2016). Obtenido de [https://www.tiemporeal.com.pe/wp-content/uploads/2018/03/version\\_1\\_AuditivaJP.pdf](https://www.tiemporeal.com.pe/wp-content/uploads/2018/03/version_1_AuditivaJP.pdf)

Oviedo, A. (Diciembre de 2013). Cultura Sorda. Obtenido de <https://cultura-sorda.org/peru-atlas-sordo/?fbclid=IwAR1QYBqH8njbZpYeYl4Nc7IHtRRYTVRZ02bH4G7JIsS0O8yrBEs30tuXOto>

Sausa, M. (03 de 12 de 2015). Peru21. Obtenido de <https://peru21.pe/lima/peru-hay-532-000-personas-sordas-23-interpretes-video-199711?fbclid=IwAR1dYXATU3TitnpePL5PA11CvJ-hVUNPTPBeK26C2V0Akvy5PS2R-zen2E>

Arrizabalaga, M. (06 de 03 de 2017). ABC. Obtenido de [https://www.abc.es/sociedad/abci-idades-aprendizaje-todo-tiene-tiempo-201703012046\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abci-idades-aprendizaje-todo-tiene-tiempo-201703012046_noticia.html)

Organización Mundial de la Salud (20 de 03 de 2019). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

Facultad de Informática de Barcelona, U. P. de C. (n.d.). Realidad virtual. Retrieved September 19, 2019, from [https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/realitatvirtual.html?fbclid=IwAR080XCHwhddNCWrv04XDFSJmjDfZUX61d5Imi4mORJqS75QMHfOa\\_JCnCI](https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/realitatvirtual.html?fbclid=IwAR080XCHwhddNCWrv04XDFSJmjDfZUX61d5Imi4mORJqS75QMHfOa_JCnCI)

Rollings, A., & Adams, E. (2003). Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design. New Riders Games.

Escudeiro, P., Escudeiro, N., Norberto, M., & Lopes, J. (2017). VirtualSign game evaluation. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51055-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51055-2_15)

Garcia, B. E. R., Crocomo, M. K., & Andrade, K. O. (2019). Dynamic Difficulty Adjustment in a Whac-a-Mole like Game. Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment, SBGAMES. <https://doi.org/10.1109/SBGAMES.2018.00020>

Gazdi, L., Pomázi, K., Szabó, M., & Forstner, B. (2018). An Innovative Model for Adaptive Learning Utilizing Biofeedback and Item Response Theory. *Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science*. <https://doi.org/10.3311/ppee.12213>

González Sánchez, J. L. (2010). *Jugabilidad caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos*. Editorial de la Universidad de Granada.

Moizer, J., Lean, J., Dell'Aquila, E., Walsh, P., Keary, A. (Alfie), O'Byrne, D., ... Sica, L. S. (2019). An approach to evaluating the user experience of serious games. *Computers and Education*, 136, 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.006>

Mostefai, B., Balla, A., & Trigano, P. (2019). A generic and efficient emotion-driven approach toward personalized assessment and adaptation in serious games. *Cognitive Systems Research*. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2019.03.006>

Plouffe, G., & Cretu, A. M. (2016). Static and dynamic hand gesture recognition in depth data using dynamic time warping. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. <https://doi.org/10.1109/TIM.2015.2498560>

Torres, M., Carvalho, V., & Soares, F. (2018). A serious game for learning portuguese sign language - "iLearnPSL." In *Lecture Notes in Networks and Systems*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6_55)

Stahl, T. (2005). *Video Game Genres*. Retrieved June 6, 2019, from <https://www.thocp.net/software/games/reference/genres.htm>

Unity. (2019). *Unity*. Retrieved June 6, 2019, from [https://unity3d.com/es/unity?\\_ga=2.49724774.1396796309.1559865299-1995840118.1559865299](https://unity3d.com/es/unity?_ga=2.49724774.1396796309.1559865299-1995840118.1559865299)

Wolf, M. J. P., & Perron, B. (2003). AN INTRODUCTION TO THE VIDEO GAME THEORY.

NVIDIA. (2019). NVIDIA. Retrieved June 6, 2019, from <https://developer.nvidia.com/deep-learning?fbclid=IwAR0DtJID6NSHPsjACBq-w9ZGJQefpMfOHhgkrxPXeiHKvPXQ2A71qIkZ104>

Chen, James. (23 de 12 de 2020). Investopedia. Obtenido de <https://www.investopedia.com/terms/n/neuralnetwork.asp>

Berru-Novoa, B., Gonzalez-Valenzuela, R., & Shiguihara-Juarez, P. (2018). Peruvian sign language recognition using low resolution cameras. Proceedings of the 2018 IEEE 25th International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2018. <https://doi.org/10.1109/INTERCON.2018.8526408>

Dzikri, A., & Kurniawan, D. E. (2018). Hand Gesture Recognition for Game 3D Object Using The Leap Motion Controller with Backpropagation Method. Proceedings of the 2018 International Conference on Applied Engineering, ICAE 2018. <https://doi.org/10.1109/INCAE.2018.8579400>

Jiang, H., Ma, X., Li, W., Ding, S., & Mu, C. (2018). Adaptive key frame extraction from RGB-D for hand gesture recognition. <https://doi.org/10.1117/12.2502953>

Vive. (2019, July). Tracking problems: Hand Tracking SDK + Vive + Unity - Vive Hand Tracking SDK - Community Forum. Retrieved June 30, 2021, from <https://forum.vive.com/topic/6148-tracking-problems-hand-tracking-sdk-vive-unity/>

## **12. ANEXOS**

### **Anexo A: WASC**

#### **Cristopher Ramos**

##### **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Comunicación oral**

La comunicación oral en el proyecto se utilizó para expresar mediante exposiciones, parciales o finales, de manera clara y concisa la idea o ideas generales de tal forma que el jurado pueda entender lo que se busca en la investigación.

Para poder exponer frente al jurado, primero se realizó una presentación previa frente al gerente y, una vez dada su aprobación, se pasó al ajuste para la presentación final.

Otra forma de realizar comunicación oral es mediante las reuniones que se tienen con nuestro cliente, gerente, recursos o coautor, para poder establecer conceptos de nuestro proyecto y revisar avances. En estas reuniones es necesario poder transmitir adecuadamente las ideas de desarrollo y los puntos a tratar del proyecto, para evitar confusiones.

Para el presente proyecto, se planificaron reuniones cada semana con el asesor cliente y gerente para poder presentar nuestro avance y que pudieran dar su opinión o brindar retroalimentación para mejoras.

También, se solicitaron recursos que nos ayuden a ver la propuesta del valor del proyecto y ver si era viable validarlo. Para lo cual fue necesario expresarle correctamente el proyecto y el objetivo que se busca cumplir.

Por otro lado, para poder expresar nuestra idea frente al jurado, se realizaron presentaciones parciales y finales durante el ciclo, en los cuales se demuestra el conocimiento sobre el tema y los avances que se tienen. Dentro de estas, se utilizaron diapositivas según el estándar que pidió la universidad las cuales servirían como soporte para nuestra exposición. Además, para poder practicar para las exposiciones, se realizaron ensayos, las cuales sirvieron para poder realizar una mejor presentación. Por último, se solicitaba reuniones con el coordinador de carrera para que este nos pudiera dar recomendaciones de mejora del proyecto y poder aplicar estas correcciones a futuro.

##### **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Manejo de la Información**

Para que todo proyecto se realice como se debe y cumpla eficazmente con su objetivo, es necesario un adecuado uso del manejo de la información. Ya sea de los documentos utilizados como referencias y puntos de análisis, hasta la información propia generada de los procesos realizados en el proyecto, es necesario manejar adecuadamente esta información.

Inicialmente se realizó un análisis de la situación actual de la sociedad ante el problema a resolver y datos estadísticos que apoyen el desarrollo del proyecto, como se observa en el Capítulo 1. La información se extrajo de diversas páginas de internet entre revistas, estudios y artículos de periódicos. Esta información fue utilizada para definir adecuadamente las diversas secciones del Project Charter, en donde se hizo las referencias necesarias a cada una de estas fuentes de información.

Durante la etapa de análisis del proyecto (Desarrollo del Objetivo Específico 1) es requerido la investigación de artículos científicos que nos ayuden a comprender mejor el tema y de esta manera poder tomar decisiones en cuanto a la técnica a usar y los entregables a presentar. Se definió los parámetros de la búsqueda de información desde un inicio. Los artículos se obtendrían del banco de papers de Scopus, limitándonos a los artículos con fecha de publicación a partir del 2016 en adelante, de éstos, se priorizó los papers con más citas debido a que esto significaba mayor relevancia de su contenido. Los artículos seleccionados para ser usados en el proyecto fueron referenciados adecuadamente en los documentos de Marco Teórico y Estado del Arte, además de ser analizados y comparados en los diferentes análisis del proyecto.

Para el diseño y desarrollo del juego (Desarrollo del Objetivo Específico 2) se investigó libros de estudios relacionados al tema de videojuegos, de los cuales se extrajeron metodologías, mecánicas, y diseños de entornos y personajes. Estos libros fueron adecuadamente referenciados en los documentos de diseño y arquitectura del juego.

Para el desarrollo del algoritmo de reconocimiento de gestos (Desarrollo del Objetivo Específico 3), fue necesario crear la data de los gestos peruanos, al grabar las instancias manualmente. Una vez creada la data fue necesario preprocesarla para su uso dentro del algoritmo de redes neuronales. Tanto esta data como el código del algoritmo se subió a un repositorio para que los involucrados puedan tener acceso a éstos.

Una vez terminado el juego, se pasó a validar la eficiencia de éste en su objetivo (Desarrollo del Objetivo Específico 4). Esto se logró al hacer que varios universitarios jueguen el Serious Game y posteriormente respondieran una encuesta. Los resultados de esta encuesta fueron analizados y los resultados y conclusiones son mostrados textual y gráficamente en el paper elaborado para el proyecto.

En conclusión, se logró satisfacer las necesidades de manejo de la información del proyecto, ya que se obtuvo datos de las personas con discapacidad auditiva, con lo que pudimos definir la problemática, las causas del problema, el objetivo general y los objetivos específicos. Además, bajo las condiciones definidas, se analizaron 30 papers que nos ayudaron a definir las técnicas y métricas a usar en el proyecto. También se creó y procesó data de los gestos, la cual al igual que el código del algoritmo desarrollado se guardaron en un repositorio en la nube. Por último, los resultados de la validación del juego nos brindaron varios descubrimientos y conclusiones, las cuales las mostramos adecuadamente en el paper desarrollado.

### **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Ciudadanía**

Para el presente proyecto, se analizó la situación actual que tienen las personas con discapacidad auditiva en el Perú y cómo plantear propuestas de solución mediante un proyecto, estos resultados se pueden observar en el Capítulo 1.

Durante el desarrollo del proyecto y luego de realizar la investigación, se pudo concluir que la sordera es un problema que afecta a un gran número de la población mundial, teniendo que, según la Organización Mundial de la Salud, 466 millones de personas en todo el mundo padecen este problema, de las cuales 34 millones son niños. En el Perú, el porcentaje de personas que sufren de esto llega a 1,8% de la población total y que no existe una educación adecuada para ellos, ya que solo existen 2 colegios privados especializados, uno primaria y otra secundaria.

Frente a este problema, se planteó la idea de implementar un serious game para que las personas puedan intentar aprender este lenguaje a un nivel básico y puedan tratar de comunicarse con estas personas para poder tener un poco más de oportunidades. Para ello, se presentó la idea a un recurso de investigación para que pueda obtener la propuesta de valor y ver si el proyecto resultaba ser viable, de lo que se obtuvo datos favorables que apoyan al desarrollo del proyecto.

### **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Pensamiento Innovador**

El pensamiento innovador al desarrollar un proyecto es lo que le brinda valor diferencial y hace que resalte en comparación al resto. El analizar todos los factores y proponer una solución innovadora conlleva a una gran oportunidad de éxito.

Luego del análisis de la situación actual y los problemas de las personas con discapacidad auditiva, definimos las causas que conllevan a esta situación (Capítulo 1). Como una solución



ante estas causas se planteó el desarrollo de un Serious Game con el fin de la enseñanza básica del lenguaje de señas. Esto conllevaría a una mejora en la situación y concientizaría a las personas que lo jugaran.

Al revisar la literatura actual de los temas relacionados, se encontró varias ideas viables para implementar en el proyecto, que apoyarían a que éste cumpla su objetivo, tales como el uso de algoritmos de reconocimiento de gestos y criterios de enfoque en Game User Experience (resultados del Objetivo Específico 1).

De esta manera, se definió el objetivo del proyecto como “Implementar un Serious Game, evaluado por criterios de jugabilidad, con el fin del aprendizaje de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano mediante realidad virtual”. Para la parte de realidad virtual se utilizará el dispositivo HTC Vive, el cual gracias al Vive Hand Tracking SDK nos permite realizar la detección de las manos.

Con el fin de cumplir este objetivo general, se definieron 4 objetivos específicos con un tiempo estimado para cada uno, los cuales se llevarán a cabo durante los dos ciclos de Taller de Proyecto. Estos objetivos contarán con indicadores de éxito que definirán si se ha cumplido adecuadamente, como se puede observar en el Capítulo 1.

También se definió los recursos requeridos del proyecto tanto en cuanto a recursos materiales (softwares, pc, etc.) como a los recursos humanos.

En conclusión, se pudo satisfacer la competencia de Pensamiento Innovador, al poder definir una solución creativa y no muy conocida para solucionar el problema que habíamos identificado, también se puede observar que, para el proceso de desarrollo del proyecto, se realizó una correcta planificación definiendo los tiempos y objetivos a realizar, y que estos últimos sean viables.

### **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Pensamiento Crítico**

En el desarrollo de un proyecto, el pensamiento crítico tiene gran relevancia, especialmente al analizar información que se tiene para llegar a una conclusión.

De la investigación realizada de la situación actual de las personas con discapacidad auditiva, se pudo definir la problemática que existe y las causas principales que la originan, como se observa en el Capítulo 1. También se pudo definir varios aspectos del proyecto, como el público objetivo, el tipo de solución, y la forma de interacción que tendría nuestro producto con el usuario final.

Del análisis de artículos científicos realizado durante el desarrollo del Objetivo Específico 1, se obtuvieron varias técnicas utilizadas para el reconocimiento de gestos, como Support Vector Machine, K - Nearest Neighbor, Redes Neuronales, entre otros, que se hacen uso de diversos dispositivos para detectar las manos, como Kinect, Leap Motion, Smart Gloves, etc. Todas estas técnicas se recopilaron y analizaron bajo diversos factores para, de esta manera, poder encontrar la mejor solución para nuestro caso.

De la misma manera, durante el análisis de papers, se buscó los aspectos que mejoran la experiencia del jugador y cómo maximizar estos criterios, con el objetivo de mejorar la enseñanza que ofrece el juego. También obtuvimos diversos métodos de evaluación para poder validar que el juego cumpla con su objetivo, como encuestas para medir la inmersión y la enseñanza del juego.

De toda la información recopilada, se tuvo que definir los conceptos que eran de relevancia para el proyecto.

Durante el desarrollo, se tuvo en cuenta la forma en la que las personas aprenderían los gestos y cómo se mostraría la efectividad de este aprendizaje (desarrollo del Objetivo Específico 2). Para esto se crearon dos configuraciones del juego, una donde se aprenderían 3 letras por nivel y otra donde se aprenderían 6 letras por nivel. También se implementó una batalla final que funcionaría como test de conocimientos de los gestos enseñados.

Para la creación del modelo de red neuronal para el reconocimiento de gestos (desarrollo del Objetivo Específico 3), se diseñaron varios modelos y se evaluaron su precisión y otras métricas que indican la eficacia del modelo. Luego de compararlos, se eligió el que mostraba los mejores resultados con nuestra data y se pasó a implementarlo dentro del juego.

Una vez terminado el juego, se realizaron las validaciones correspondientes (desarrollo del Objetivo Específico 4), donde los usuarios pasaron todo el juego y respondieron una encuesta. De estos resultados se llegó a varias conclusiones que se plasmaron en el paper que se desarrolló.

En conclusión, se cumplió con la competencia de Pensamiento Crítico, ya que se realizó un adecuado análisis de la información obtenida, para de esta manera llegar a conclusiones que nos generen aporte al proyecto o nos indiquen el camino a seguir en el desarrollo. Al obtener la técnica que se utilizará para el reconocimiento de gestos, mediante el algoritmo de Redes Neuronales con el dataset que hemos creado. También al definir la emoción, inmersión y aprendizaje como aspectos de mejora de Game User Experience. Por último, se pudieron extraer varias conclusiones de la validación con usuarios realizada, que se pueden observar en el paper.

## **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Comunicación Escrita**

La competencia de comunicación escrita durante el proyecto se puede observar en la interacción entre los diferentes participantes de éste, tales como los jefes, recursos, gerente, cliente, coautor y expertos. Además, posterior al análisis de la literatura, se realizaron entregables que servían como evidencia de la investigación como el marco teórico (Capítulo 3), donde se explicaban los conceptos principales, y el estado del arte (Anexo E), donde se explica el proceso que se realizó en la búsqueda de artículos científicos que aporten a nuestro proyecto, para luego realizar resúmenes de cómo aportaban al proyecto, así como la manera en que responden a las preguntas de investigación. Gracias a esto, se puede saber la dirección que llevará el proyecto y los cambios necesarios para poder realizar un trabajo satisfactorio.

Para el presente proyecto, se demostró la competencia de comunicación escrita mediante los documentos de gestión del proyecto (Capítulo 6), indicando las tareas a llevar a cabo cada semana y los avances realizados, según lo acordado en las reuniones con el cliente. Estos documentos son evaluados y aprobados por el gerente del proyecto. Además, para cada exposición, se presentan los documentos de presentación del proyecto, indicando detalladamente los objetivos a cumplir y sus respectivas fechas de presentación.

Otra forma de comunicación escrita se da mediante los correos electrónicos para comunicarse con los participantes del proyecto, ya que es el canal oficial para intercambiar ideas.

Por otro lado, dentro del proyecto, se demostró esta competencia mediante el manejo de versiones de Unity, el cual permite ver un historial de qué se ha ido modificando dentro de éste durante su desarrollo.

Durante el proceso de desarrollo se utilizó la metodología ágil SCRUM, en el cual se dividió los objetivos en sprints, donde al final de cada uno se presentaba y evaluaba el avance con los demás integrantes del proyecto.

Finalmente, para poder resumir todo el desarrollo de nuestra investigación se realizó un paper que explique el contexto, las técnicas utilizadas, los experimentos realizados, los resultados obtenidos y las conclusiones.

## **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Razonamiento Cuantitativo**

El presente documento, tiene como objetivo evidenciar el cumplimiento de la competencia general Razonamiento Cuantitativo en el desarrollo del proyecto “Serious Game para el aprendizaje de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano mediante el uso de realidad virtual” de la carrera de Ciencias de la Computación.

### 1. Interpretación:

Al iniciar el proyecto, analizamos el contexto actual de las personas sordas en Perú, como se puede observar en el Capítulo 1. De esto, pudimos encontrar que en Perú existen 1.8% de personas que sufren de discapacidad auditiva y que solo existen dos escuelas especializadas, una para primaria y otra para secundaria. Además, hay pocas instituciones que intentan enseñar el lenguaje de señas. Por lo tanto, en el país existen pocas opciones para que las personas con discapacidad auditiva puedan integrarse en la sociedad. Una de las opciones que propuso el estado fue promover el uso de lenguaje oral para estas personas, pero, según Malena Pineda, jefa del programa de defensa de las personas con discapacidad de la defensoría del pueblo, utilizar este modelo no da buenos resultados ya que no logran aprender a leer o escribir y siguen teniendo problemas de comunicación. En base a estos datos, se pudo definir varios puntos del proyecto como por ejemplo el público objetivo.



Ilustración 9: Lengua de señas en el Perú

Fuente: Perú 21

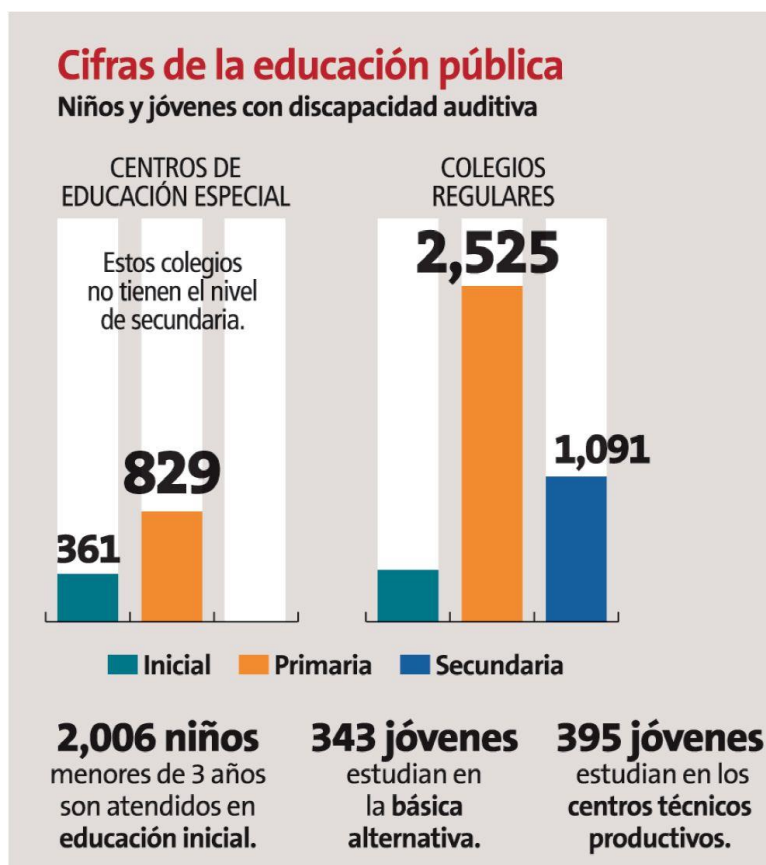


Ilustración 10: Cifras de la educación pública

Fuente: Perú 21

## 2. Representación:

Con el objetivo de buscar una solución a la problemática planteada, en el Capítulo 1 se definió el enfoque del proyecto, el cual consiste en la creación de un Serious Game para el aprendizaje básico del lenguaje de señas peruano. Para llegar a esta respuesta, con el fin de lograr que la solución sea agradable para el usuario y que cumpla adecuadamente con su objetivo de enseñanza, realizamos diversos análisis en otros trabajos, obteniendo:

Existen diferentes tipos de serious games que han demostrado que, a través de los videojuegos se pueden maximizar el aprendizaje tanto en personas con discapacidades como aquellas que no padecen de ellas. Por ejemplo, en el paper “Using Serious Games for promoting Blended Learning for people with intellectual disabilities and autism: Literature vs Reality”, se realizó una evaluación de 43 Serious Games existentes para personas con discapacidad intelectuales o desorden de espectro autista y se logró concluir qué pueden mejorar efectivamente los métodos de aprendizaje existentes. Otro ejemplo es PSL, un juego de lenguaje de señas en portugués el

cual obtuvo resultados positivos y bien recibidos debido a ser una forma interesante y autónoma de aprendizaje.

Además, también podemos observar que hasta el 2017, según los gráficos proporcionados por el grupo NPD, el género más vendido fue shooter.



Ilustración 11: Géneros de videojuegos más vendidos del 2017

Fuente: Grupo NPD / servicio de rastreo de retailers / servicio de rastreo digital

### 3. Análisis:

Del análisis de algoritmos realizado durante el desarrollo del objetivo específico 1, definimos el uso de un modelo de redes neuronales para la tarea de reconocer el gesto de lenguaje de señas realizado. Durante el desarrollo del objetivo específico 3, se realizó una comparación entre diferentes arquitecturas de modelo de red neuronal, con el fin de obtener la que nos brinda mejores resultados en diversas métricas y cual elegir para usar en el proyecto, como se puede observar:

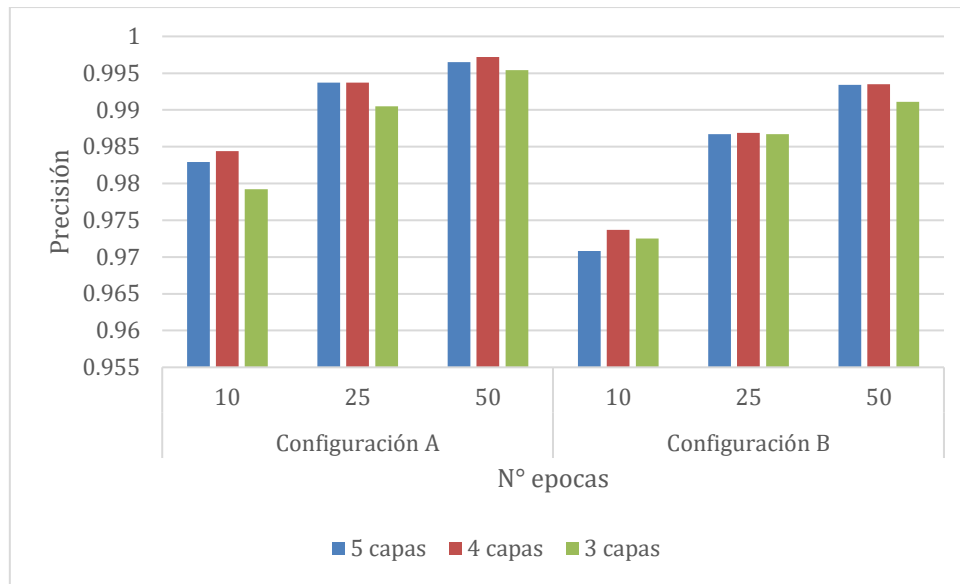


Ilustración 12: Comparación de modelos de redes neuronales

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Argumentación:

De la comparación realizada de los modelos de redes neuronales, observamos que los mejores resultados se obtienen con la Configuración A, 50 épocas y 4 capas. A continuación, se evaluó con los conceptos de bias y varianza, para evaluar que el algoritmo no se vea afectado por overfitting o underfitting. Obteniendo que el modelo elegido genera muy buenos resultados.

**Roberto Nureña**

#### **Ensayo para alinear el trabajo final con la competencia de Comunicación oral**

La comunicación oral en el proyecto se utilizó para expresar mediante exposiciones, parciales o finales de manera clara y concisa la idea o ideas generales de tal forma que el jurado pueda entender lo que se busca en la investigación. Para poder exponer frente al jurado, primero se realizó una presentación previa frente al gerente y, una vez dada su aprobación se pasó al desarrollo final. Otra forma de realizar comunicación oral es mediante las reuniones que se tienen con nuestro cliente, recursos o coordinador, para poder establecer conceptos de nuestro proyecto.

Para el presente proyecto, se planificaron reuniones cada semana con el asesor cliente y gerente para poder presentar nuestro avance y que pudieran. También, se solicitaron recursos que nos ayuden a ver la propuesta del valor del proyecto y ver si era viable validarlo. Por otro lado, para poder expresar nuestra idea frente al jurado, se realizaron presentaciones parciales y finales durante el ciclo, en los cuales se demuestra nuestro conocimiento sobre el tema y el avance de esta investigación. Dentro de estas, se utilizaron diapositivas según el estándar que pidió la universidad las cuales servirían como soporte para nuestra exposición. Además, para poder practicar para las exposiciones, se realizaron prácticas, las cuales sirvieron para poder realizar una mejor presentación. Por último, se solicitaba reuniones con el coordinador de carrera para que este nos pudiera dar feedback del proyecto y poder aplicar estas correcciones a futuro.

### **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Manejo de la Información**

Durante la investigación se realizó un manejo de la información al utilizar los documentos como referencias y puntos de análisis, y manejar la información propia generada de los procesos realizados en el proyecto.

Primero, se realizó el análisis de la situación actual en la sociedad peruana y la problemática a resolver encontrando datos estadísticos que ayuden a justificarlo. Para ello, se extrajo información de diversas páginas de internet como revistas, estudios y artículos de periódicos. Esta información serviría para definir adecuadamente las diversas secciones del Project Charter, en donde se hizo las referencias necesarias a cada una de estas fuentes.

Luego, durante la etapa de análisis del proyecto, se buscaron artículos científicos que ayuden a la investigación para poder comprender mejor el tema y de esta manera poder tomar decisiones en cuanto a la técnica a usar y los entregables a presentar. Para ellos, se definieron parámetros de la búsqueda de información desde un inicio. Los artículos se obtendrían del indexador de papers de Scopus, limitándonos a los artículos con fecha de publicación a partir del 2016 en adelante, de éstos, se priorizó los papers con más citas debido a que esto significaba mayor relevancia de su contenido. Los artículos seleccionados para ser usados en el proyecto fueron referenciados adecuadamente en los documentos de Marco Teórico y Estado del Arte, además de ser analizados y comparados en los diferentes análisis del proyecto.

Para el diseño y desarrollo del juego se investigaron libros relacionados al tema de videojuegos, de los cuales se extrajeron metodologías. Estos libros fueron adecuadamente referenciados en los documentos de diseño y arquitectura del juego.



## **Ensayo para alinear el trabajo final con la competencia de Ciudadanía**

Para el presente proyecto, se analizó la situación actual que tienen las personas con discapacidad auditiva y cómo plantear propuestas de solución mediante un proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto y luego de realizar la investigación, se pudo concluir que la sordera es un problema que afecta a un gran número de la población mundial, teniendo que, según la Organización Mundial de la Salud, 466 millones de personas en todo el mundo padecen este problema, de las cuales 34 millones son niños. En el Perú, el porcentaje de personas que sufren de esto llega a 1,8% de la población total y que no existe una educación adecuada para ellos, ya que solo existen 2 colegios privados especializados, uno primaria y otro secundario. Frente a este problema, se planteó la idea de implementar un serious game para que las personas puedan intentar aprender este lenguaje a un nivel básico y puedan tratar de comunicarse con estas personas para poder tener un poco más de oportunidades. Para ello, se presentó la idea a un recurso para que pueda obtener la propuesta de valor y ver si el proyecto resultaba ser viable.

## **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Pensamiento Innovador**

Luego del analizar la situación actual sobre las personas con discapacidad auditiva, se logró identificar el problema y las causas y, como una solución ante esto, se planteó el desarrollo de un serious game para el aprendizaje de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano mediante el uso de realidad virtual. Con esto, se busca que tratar de mejorar la situación actual y poder concientizar a las personas que prueben nuestro producto.

Durante la investigación, se lograron encontrar diferentes ideas sobre cómo desarrollar el serious game para poder lograr nuestro objetivo, tales como el uso de algoritmos de reconocimiento de gestos y criterios de enfoque en Game User Experience. Por ello, se definió que nuestro objetivo principal será “Implementar un Serious Game en realidad virtual, evaluado por criterios de jugabilidad, para el aprendizaje de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano utilizando balanceo dinámico del juego”. Para la parte de reconocimiento de gestos se implementó el algoritmo de redes neuronales.

Para poder cumplir el objetivo general de manera satisfactoria, se definieron cinco objetivos específicos, los cuales se desarrollarían en un tiempo determinado y que se desarrollaran a lo

largo del desarrollo del proyecto. Estos objetivos contarán a su vez con indicadores de éxito que sirven para saber si se llegó a cumplir este. También se definieron los recursos requeridos para que nos ayuden en el desarrollo de la investigación del proyecto.

### **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Pensamiento Crítico**

En el desarrollo de un proyecto, el pensamiento crítico se demostró al definir una problemática y encontrar cuáles son las causas principales de la situación actual de las personas con discapacidad auditiva. También se lograron definir aspectos como el público objetivo, el tipo de solución, y la forma de interacción que tendría nuestro producto con el usuario final y, con los datos obtenidos, se logró diseñar un juego que ayudará a solucionar ese problema.

Del análisis realizado durante el Objetivo Específico 1, se encontraron diferentes técnicas como Support Vector Machine, Regresión Lógica, K - Nearest Neighbor, Redes Neuronales, entre otros, que se utilizan para el reconocimiento de gestos. Estos algoritmos reciben como entrada diferentes características de la mano para y tienen como salida el gesto realizado. Luego de analizar estas técnicas, se analizaron diferentes factores para poder ver que solución se nos adaptaba mejor a nuestro escenario y se concluyó que el algoritmo de redes neuronales era el mejor a nuestro proyecto.

Durante el análisis de papers, se encontró que una forma de que las personas aprendan más a través de serious games es maximizando la experiencia de jugador, es por ello que nuestra búsqueda se centró en encontrar que criterios son necesarios para poder realizar esta tarea. También se pudo obtener diferentes métodos de como otras personas evalúan los videojuegos para cumplir con el objetivo planteado, el cual lo realizan a través de encuestas que permitan medir la inmersión del juego o haciendo una comparación entre dos configuraciones del juego para poder medir cual tiene mayor efectividad en la enseñanza.

### **Ensayo para alinear el trabajo final con la competencia de Comunicación Escrita**

La comunicación escrita durante el proyecto se realizó mediante la interacción entre los diferentes participantes del este, tales como los jefes, recursos, asesor y cliente. Además, durante su desarrollo se realizaron entregables que servían como evidencia de la investigación como el marco teórico, donde se explicaban los conceptos principales y el estado del arte, donde se realizó una búsqueda de papers que aportaran a nuestro proyecto para luego realizar

resúmenes de cómo nos aportaba. Gracias a esto, se puede saber la dirección que llevará este y los cambios necesarios para poder realizar un trabajo satisfactorio.

Para el presente proyecto, se demostró la comunicación escrita mediante los documentos de gestión del proyecto, indicando las tareas a llevar a cabo cada semana y los avances realizados. Estos documentos son evaluados y aprobados por el gerente del proyecto. Además, para cada exposición, se presentan los documentos de presentación del proyecto, indicando detalladamente los objetivos a cumplir y sus respectivas fechas de presentación. Otra forma de comunicación escrita se da mientras los correos electrónicos para comunicarse con los participantes del proyecto, ya que es el canal oficial para intercambiar ideas. Por otro lado, dentro del proyecto, se demostró esta competencia mediante el manejo de versiones de Unity, el cual permite ver un historial de qué se ha ido modificando dentro de este durante su desarrollo. Durante el proceso de desarrollo se utilizó la metodología ágil SCRUM, en el cual se dividió en 5 sprints, 1 por semana y al finalizar este se presentaba el avance con los demás integrantes del proyecto. Finalmente, para poder resumir todo el desarrollo de nuestra investigación se realizará un paper que explique el contexto, las técnicas utilizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones.

## **ENSAYO para alinear el trabajo final con la competencia de Razonamiento Cuantitativo**

### 1. Interpretación:

Durante el capítulo 1 de la memoria, se investigó sobre la problemática existente sobre las personas con discapacidad auditiva y, como se muestra en la fig. 1, en el Perú existen 1.8% de personas que sufren de este problema y solo existen dos escuelas especializadas, una para primaria y otra para secundaria. Además, como se muestra en la fig.2 hay pocas instituciones que intentan enseñar el lenguaje de señas. Por lo tanto, las personas con discapacidad auditiva tienen pocas opciones para poder integrarse en el país. Una de las opciones que propuso el estado fue promover el uso de lenguaje oral para estas personas, pero, según la jefa del programa de defensa de las personas con discapacidad de la defensoría del pueblo, utilizar este modelo no da buenos resultados ya que no logran aprender a leer o escribir y siguen teniendo problemas de comunicación.



Ilustración 13: Lengua de Señas en el Perú

Fuente: Perú 21

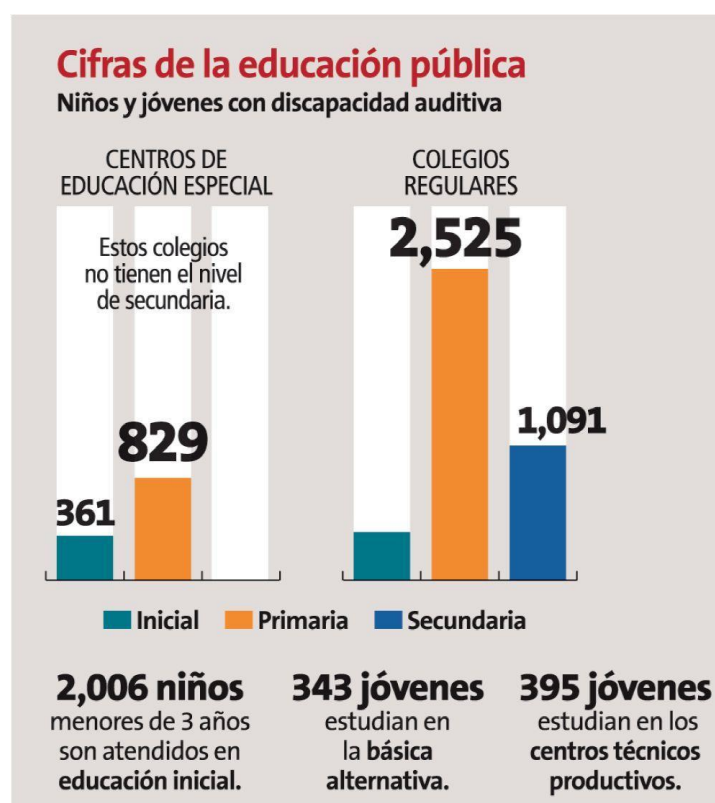


Ilustración 14: Cifras de la educación pública en Perú

Fuente: Perú 21

2. Representación:

Otra de las investigaciones que se realizaron durante el capítulo 1 de la memoria, es un método en el que se pueda enseñar de forma interactiva el lenguaje de señas, obteniendo como resultado el uso de serious games. Existen diferentes tipos de serious games que han demostrado que se pueden maximizar el aprendizaje tanto en personas con discapacidades como aquellas que no padecen de ellas. Por ejemplo, en el paper “Using Serious Games for promoting Blended Learning for people with intellectual disabilities and autism: Literature vs Reality”, se realizó una evaluación de 43 Serious Games existentes para personas con discapacidad intelectual o desorden de espectro autista y se logró concluir qué pueden mejorar efectivamente los métodos de aprendizaje existentes. Otro ejemplo es PSL, un juego de lenguaje de señas en portugués el cual obtuvo resultados positivos y bien recibidos debido a ser una forma interesante y autónoma de aprendizaje.

Para definir algunos aspectos del juego, con el fin de lograr que sea agradable para el usuario y que cumpla adecuadamente con su objetivo de enseñanza, realizamos diversos análisis en otros trabajos, como el género más jugado para que el juego sea llamativo.

Hasta el 2017, según lo proporcionado por el grupo NPD, el género más vendido fue shooter.

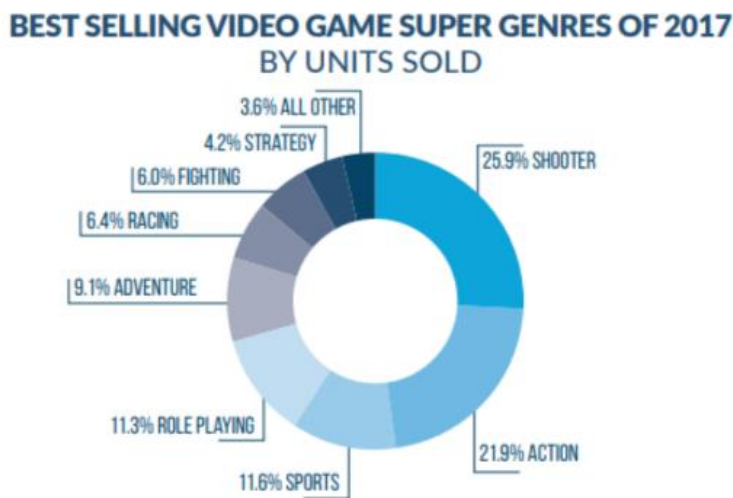


Ilustración 15: Géneros de Juegos más vendidos en 2017

Fuente: Grupo NPD/ servicio de rastreo de retailers/ servicio de rastreo digital

### 3. Análisis:

Luego de realizar el estado del arte, se decidió escoger redes neuronales y se realizó un benchmarking entre diferentes configuraciones para ver cuál era la que nos ofrecía mayor precisión en nuestro proyecto:

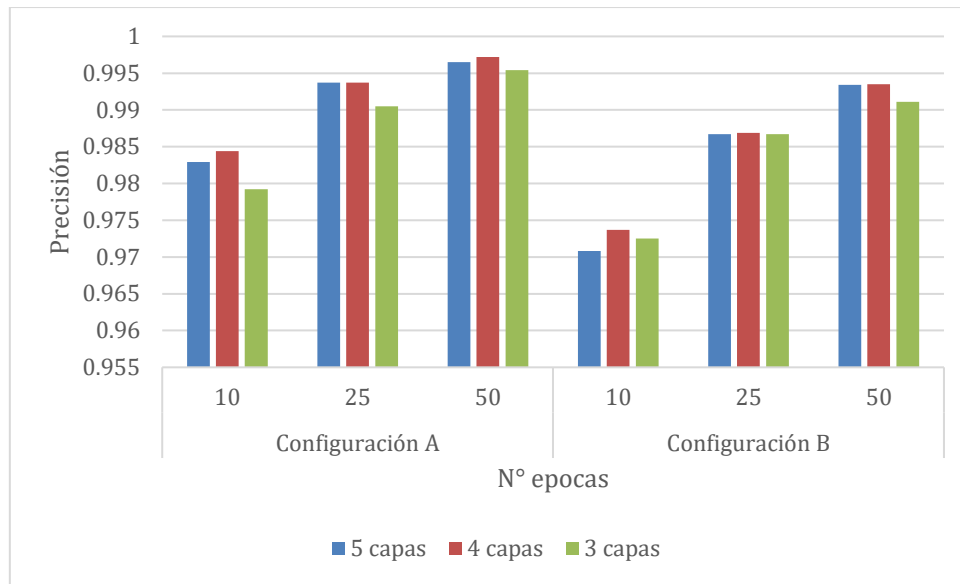


Ilustración 16: Comparación de modelos de redes neuronales

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Argumentación:

Durante la investigación del estado del arte, los algoritmos que ofrecían mejores resultados en tiempo de ejecución y precisión eran los de Deep Learning, por lo tanto, se escogió el algoritmo de redes neuronales. Luego de escoger el algoritmo, se utilizó el concepto de bias y varianza para poder escoger el que no tuviera overfitting o underfitting.

### Anexo B: One-Sheet

#### Sign Shooting

#### PC (Game Platforms)

**Target Age: 15+ (Público objetivo)**

**Rating: E10**

**Game Summary:** Tom llega a su colegio como un día cualquiera, pero nota que no hay alumnos y no puede hablar. Un profesor se le acerca y le explica la situación, diciéndole que les ha robado el habla a todos los alumnos y que los tiene encerrados. La única manera de salir es superando los 8 salones en los que debe demostrar su conocimiento de lenguaje de señas.

En cada salón se encuentran encerrados alumnos, a los cuales deberás liberar usando tu conocimiento de lenguaje de señas y escapar del colegio.

**Game Outline:** El jugador encarna a Tom y deberá de superar los 8 salones y derrotar a los enemigos que le esperan ahí dentro, haciendo uso de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano. Para cada salón, será necesario el uso de diferentes letras del abecedario para derrotar a los enemigos. Para poder escapar del colegio, el jugador deberá aprender los gestos necesarios para poder derrotar a los enemigos y completar los salones, para finalmente enfrentarse a un desafío que pondrá a prueba sus conocimientos en este tema.

## USP

- Aprende lenguaje de señas mediante clases interactivas.
- Utiliza gestos del lenguaje de señas para superar las sesiones.
- Libera a los estudiantes al finalizar todas las sesiones.

## Similar competitive products:

- Limbo
- Inside
- Z-type

## Anexo C: Ten-Page Design Document

### Título: Sign Shooting

#### Historia y jugabilidad

- Historia: Tom llega a su colegio como un día cualquiera, pero nota que no hay alumnos y no puede hablar. Un profesor se le acerca y le explica la situación, diciéndole que les ha robado el habla a todos los alumnos y que los tiene encerrados. La única manera de salir es superando los 8 salones en los que debe demostrar su conocimiento de lenguaje de señas. En cada salón se encuentran encerrados alumnos, a los cuales deberás liberar usando tu conocimiento de lenguaje de señas y escapar del colegio.
- Jugabilidad: El jugador encarna a Tom y deberá de superar los 8 salones y derrotar a los enemigos que le esperan ahí dentro, haciendo uso de los gestos estáticos del

abecedario del lenguaje de señas peruano. Para cada salón, será necesario el uso de diferentes letras del abecedario para derrotar a los enemigos. Para poder escapar del colegio, el jugador deberá aprender los gestos necesarios para poder derrotar a los enemigos y completar los salones, para finalmente enfrentarse a un desafío que pondrá a prueba sus conocimientos en este tema.

### Flujo del juego

Al superar niveles en el juego, se desbloquearán más salones, hasta poder enfrentarse con el Jefe Final y terminar el juego. El jugador irá aprendiendo los gestos del lenguaje de señas peruano mediante la superación de estos niveles, ya que deberá conocer esta información para poder derrotar a los enemigos y terminar el juego.

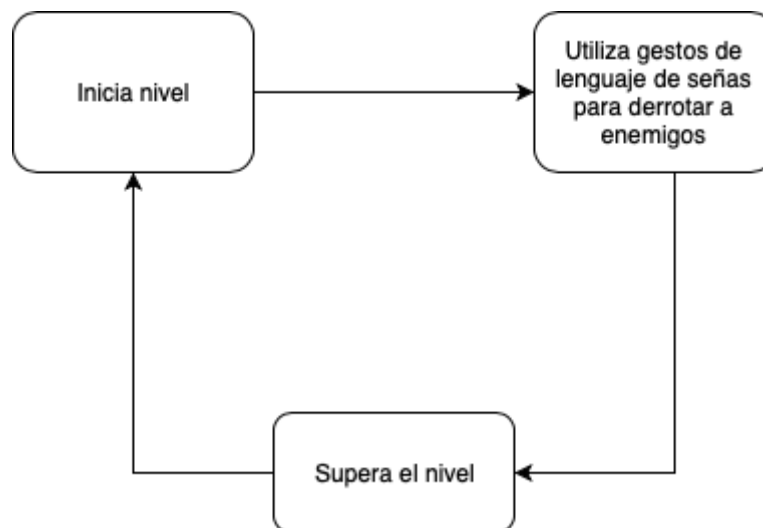


Ilustración 17: Loop principal del juego

Fuente: Elaboración Propia

El Loop Principal del Juego es el bucle de acciones que seguirá el jugador dentro del entorno del juego y se repetirán constantemente hasta culminar éste.

### Personaje y controles

- Personajes:
  - Tom: Es un joven solidario de 15 años con un fuerte sentido de justicia, siempre dispuesto a aprender nuevos conocimientos que le sirvan para apoyar a los demás. En su travesía irá aprendiendo los gestos del lenguaje de señas.
  - Profesor: Profesor estricto y extremista en cuanto a la enseñanza se trata. Pone en problemas a todo el colegio al quitarles el habla y obligarlos a aprender



lenguaje de señas o quedar atrapados. Es el personaje que te explica lo acontecido y te acompaña durante la travesía. Al final éste será el Jefe Final al cual derrotar para terminar el juego.

- Controles:

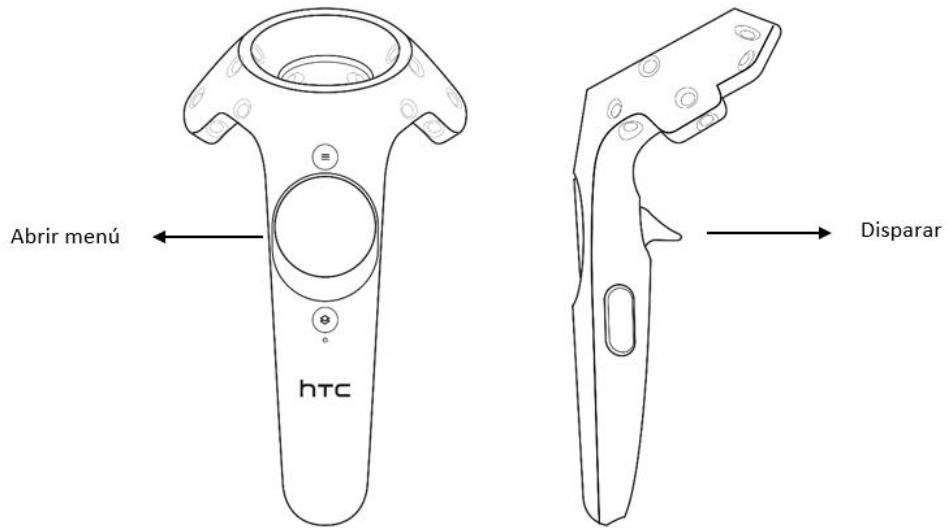
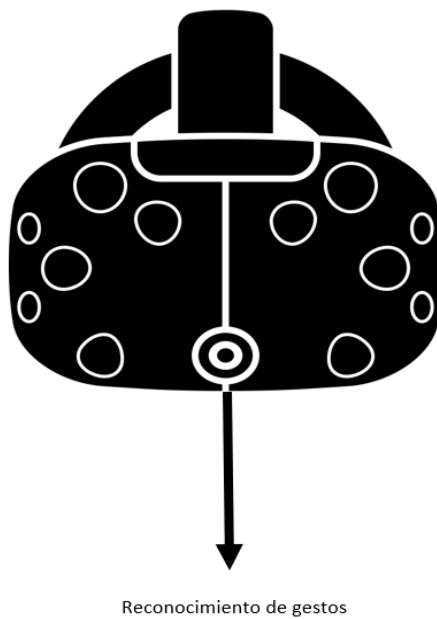


Ilustración 18: Interfaz de acción del personaje

Fuente: Elaboración Propia



---

Ilustración 19: Interfaz para el reconocimiento de gestos

Fuente: Elaboración Propia

### **Conceptos principales del juego y características específicas de la plataforma**

- El género del juego es de shooter.
- Las vistas estarán diseñadas en 3D.
- El juego consta de varios niveles que se encuentran inicialmente bloqueados, al superar los salones se desbloquearán más.
- El juego tiene como objetivo la enseñanza de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano, por lo que no es necesario tener conocimientos previos de esto.
- El juego estará desarrollado en realidad virtual para una mayor inmersión e interacción del jugador.

### **USPs:**

- Aprende lenguaje de señas mediante clases interactivas.
- Utiliza gestos del lenguaje de señas para superar las sesiones.
- Libera a los estudiantes al finalizar todas las sesiones.

### **Mundo del Juego**

La ambientación del mundo de “Sign Shooting” está inspirado por el juego Limbo, la cual tiene un aspecto sombrío que ayuda a que el jugador entienda la oscuridad de la sociedad. La historia del juego hace referencia a las dificultades que tienen que pasar las personas con discapacidad auditiva en su día a día, mostrando el aprendizaje del lenguaje de señas como una solución a este caso.

### **Mecánicas**

Juega en un ambiente de realidad virtual, con un escenario 3D. El jugador se encontrará en un colegio y deberá seleccionar un salón al cual ingresar para derrotar a los enemigos dentro usando gestos de lenguaje de señas (diferentes letras para cada salón) y así superar todos los niveles para finalmente derrotar al Jefe Final.

- Reconocimiento de gestos para superar los niveles: Los niveles consistirán en una oleada de bichos que intentarán atacarte. Arriba de su cabeza se mostrará una letra y el

jugador tendrá que realizar el gesto que se muestra para poder derrotarlo. Por cada salón habrá 3 gestos y el usuario debe superar las 8 aulas para poder llegar al jefe final.

### **Enemigos**

- **Enemigos:** Bichos que aparecen dentro de los salones. Cada uno está ligado a una letra del alfabeto. Aparecen en diferentes posiciones del salón y se aproximan hacia el jugador para atacarlo y derrotarlo. Para derrotarlos es necesario realizar el gesto correspondiente al bicho y presionar el botón de disparar con el mando.
- **Jefe:** Se desbloquearán una vez que obtengas todas las letras. Tendrás que utilizar lo aprendido para poder repeler sus ataques.

### **Anexo D: Beat Chart**

**Nivel:** Salón

**Tiempo:** Día

**Historia:** Tom entra a un salón de su colegio y observa a varios bichos que se le acercan para atacarlo, él deberá de hacer uso de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano para derrotar a los bichos y aguantar un tiempo requerido. Al aguantar hasta que el tiempo se termine, Tom logra demostrar su conocimiento en los gestos de lenguaje de señas correspondientes a este salón.

**Progresión:** El jugador aprender gestos del abecedario del lenguaje de señas peruano para poder derrotar a los enemigos del salón y aguantar el tiempo requerido.

**Tiempo de juego:** 3 min

**Color de mapa:** Marrón oscuro (paredes y piso del salón), rojo, naranja (iluminación), negro (sombras)

**Enemigos:** Bichos con la letra del gesto que el jugador tiene que realizar en la cabeza

**Mecánicas:** Girar el visor para ver el salón. Presionar el gatillo para disparar. Presionar el trackpad para abrir el panel de ayuda.

**Material Bonus:** N/A

## **Anexo E: Game Design Document**

### **Game Title: Sign Shooting**

#### **Game goals**

El jugador encarna a Tom, un estudiante devoto y con ganas de aprender. Deberá ingresar a los 8 salones del colegio y derrotar a los enemigos dentro, haciendo uso de los gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano. Al finalizar los niveles y habiendo obtenido los conocimientos de lenguaje de señas, deberá enfrentar al Jefe Final del juego, donde afrontará un duro desafío que pondrá a prueba los conocimientos que obtuvo el jugador a lo largo del juego, con el fin de escapar del colegio y terminar el juego.

#### **Story overview**

##### 1. Inicio

El jugador llega a su colegio como un día cualquiera, pero nota que no ve alumnos y no puede hablar. Un profesor se le acerca y le explica la situación, diciéndole que les ha robado el habla a todos los alumnos y que los tiene encerrados. La única manera de salir es superando los 8 salones en los que debe demostrar su conocimiento de lenguaje de señas.

##### 2. Nudo

El jugador supera todos los salones. Una vez superado el último salón, el profesor lo encara y se transforma en una versión monstruosa de sí mismo, negándose a dejarlo ir. El jugador deberá derrotar al profesor monstruo haciendo uso de todos los conocimientos adquiridos en su travesía, para poder escapar junto a sus compañeros.

##### 3. Desenlace

El jugador logra derrotar al profesor, demostrando su conocimiento en gestos del abecedario de lenguaje de señas. El profesor recupera su forma original y se lamenta por sus acciones. Todos en el colegio son libres otra vez y salen del colegio mientras termina el día.

#### **Game controls**

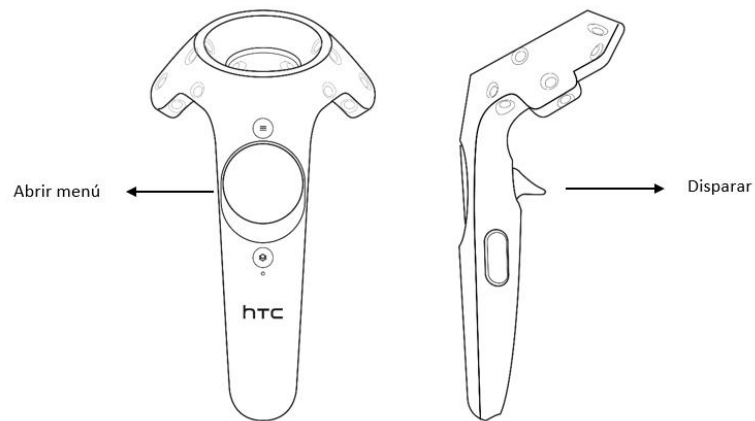
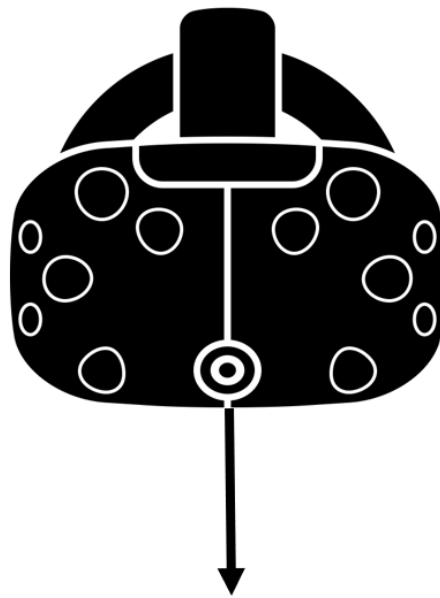


Ilustración 20: Interfaz de acción del personaje

Fuente: Elaboración Propia



Reconocimiento de gestos

Ilustración 21: Interfaz para el reconocimiento de gestos

Fuente: Elaboración Propia

### Front end of the game

- Desarrolladores: Roberto Nureña, Christopher Ramos
- Software usado: Unity 3D.
- Licencia de software: Unity Personal

## Cutscene description

Las escenas visuales consistirán en la interacción del jugador con el profesor fuera de los salones. Se observará la conversación en primera persona y en realidad virtual, pudiendo girar la cámara y ver alrededor al girar la cabeza.

## Game flowchart

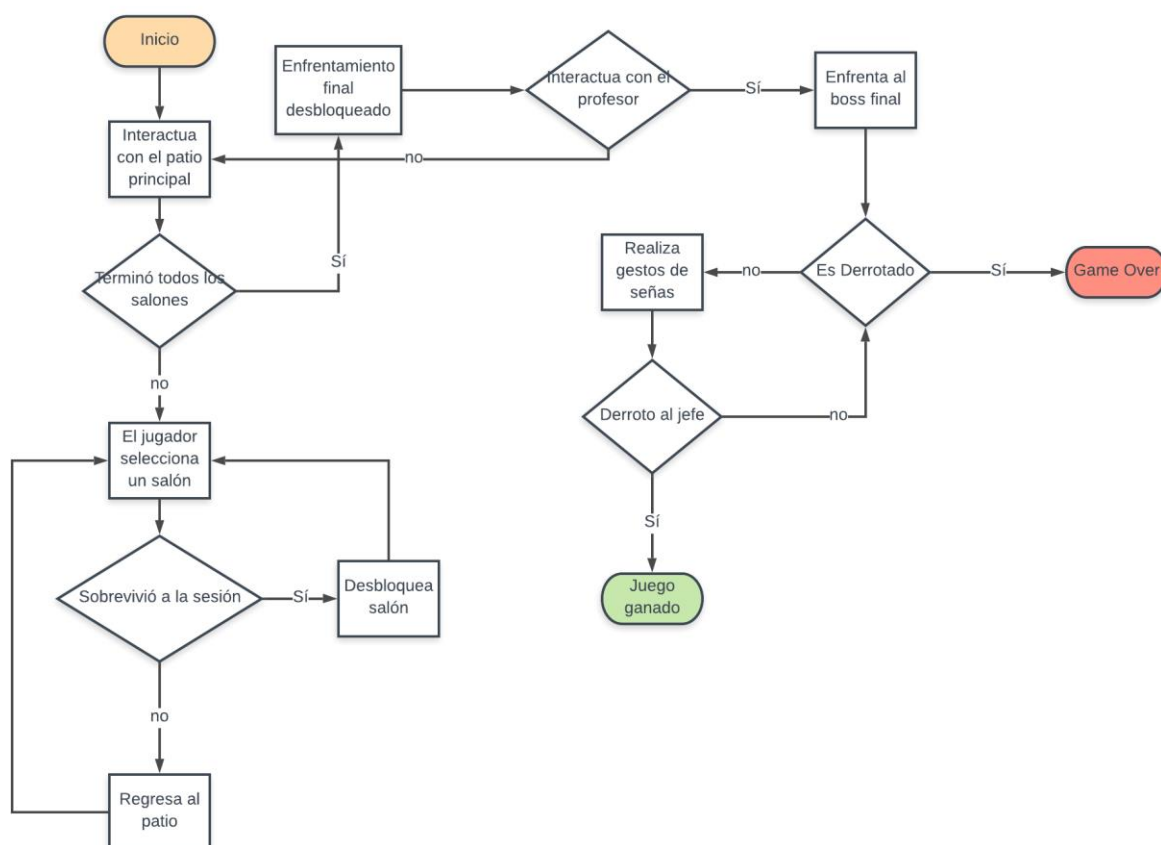


Ilustración 22: Game flowchart

Fuente: Elaboración Propia

## Game camera

El juego maneja una cámara en primera persona que el jugador podrá mover al mover su cabeza usando el visor de realidad virtual.



Ilustración 23: Game camera

Fuente: Elaboración Propia

### **HUD system**

Dentro de los salones se mostrará una pantalla de información con los gestos correspondientes a dicho salón, el tiempo que debe aguantar el jugador sin morir y la vida que le queda al jugador. En el patio se podrá observar las letras que se usarán en cada nivel para estar preparado a enfrentarse a los enemigos.

### **Player character**

Es un joven solidario de 15 años con un fuerte sentido de justicia, siempre dispuesto a aprender nuevos conocimientos que le sirvan para apoyar a los demás. En su travesía irá aprendiendo los gestos del lenguaje de señas.

### **Major characters in story**

- Profesor: Profesor estricto y extremista en cuanto a la enseñanza se trata. Pone en problemas a todo el colegio al quitarles el habla y obligarlos a aprender lenguaje de señas o quedar atrapados. Es el personaje que te explica lo acontecido y te acompaña durante la travesía. Al final éste será el Jefe Final al cual derrotar para terminar el juego.

### **Game progression outline**

**Nivel: Salón**

**Tiempo: Día**

**Historia:** Tom entra a un salón de su colegio y observa a varios bichos que se le acercan para atacarlo, él deberá de hacer uso de gestos estáticos del abecedario del lenguaje de señas peruano para derrotar a los bichos y aguantar un tiempo requerido. Al aguantar hasta que el tiempo se termine, Tom logra demostrar su conocimiento en los gestos de lenguaje de señas correspondientes a este salón.

**Progresión:** El jugador aprender gestos del abecedario del lenguaje de señas peruano para poder derrotar a los enemigos del salón y aguantar el tiempo requerido.

**Tiempo de juego:** 3 min

**Color de mapa:** Marrón oscuro (paredes y piso del salón), rojo, naranja (iluminación), negro (sombras)

**Enemigos:** Bichos con la letra del gesto que el jugador tiene que realizar en la cabeza

**Mecánicas:** Girar el visor para ver el salón. Presionar el gatillo para disparar. Presionar el trackpad para abrir el panel de ayuda.

**Material Bonus:** N/A

### **Gameplay clasificaciones**

El juego tiene temática shooter, donde el jugador deberá realizar un gesto de lenguaje de señas ante la cámara para poder superar el nivel.

### **World overview**

La ambientación del mundo de “Sign Shooting” está inspirado por el juego Limbo, la cual tiene un aspecto sombrío que ayuda a que el jugador entienda la oscuridad de la sociedad. La historia del juego hace referencia a las dificultades que tienen que pasar las personas con discapacidad auditiva en su día a día, mostrando el aprendizaje del lenguaje de señas como una solución a este caso.

### **Universal game mechanics**

Juega en un ambiente de realidad virtual, con un escenario 3D. El jugador se encontrará en un colegio y deberá seleccionar un salón al cual ingresar para derrotar a los enemigos dentro usando gestos de lenguaje de señas (diferentes letras para cada salón) y así superar todos los niveles para finalmente derrotar al Jefe Final. Antes de entrar a los niveles, el jugador podrá observar que letras se aprenderán en ese nivel, para que pueda practicar y estar listo al enfrentamiento.



- Reconocimiento de gestos para superar los niveles: Los niveles consistirán en una oleada de bichos que intentarán atacarte. Arriba de su cabeza se mostrará una letra y el jugador tendrá que realizar el gesto que se muestra para poder derrotarlo. Por cada salón habrá 3 gestos y el usuario debe superar las 8 aulas para poder llegar al jefe final.

### **General enemy rules**

Los enemigos serán los bichos que se encuentran dentro de cada nivel, éstos tratarán de acercarse al jugador para atacarlo. Cada uno muestra una letra encima de su cabeza, siendo ésta la letra correspondiente al gesto que debe realizar el jugador para derrotarlo.

### **Boss**

El enemigo final del juego es el Profesor, para derrotarlo el jugador va a tener que hacer uso de todos los gestos estáticos del lenguaje de señas que ha obtenido durante las sesiones de clase.

El profesor le lanzará letras al jugador y este tendrá que responder utilizando lo aprendido a lo largo del juego

Si una de las palabras letras llega a golpear al jugador, éste perderá de vida y si se queda sin vida perderá el juego.

Si el jugador logra realizar todos los gestos de lenguaje de señas que se le piden, ganará la batalla y derrotará al Boss.

## **Anexo F: Cost Management Plan**

### **1.0 Introducción**

#### **1.1 Propósito**

El siguiente documento sobre el plan de gestión de costos, tiene como propósito describir cómo se van a administrar los costos generales del proyecto durante su implementación para poder asegurar la ejecución correcta del proyecto teniendo en cuenta las restricciones establecidas.

#### **1.2 Alcance**

El plan de gestión de costos para el presente proyecto incluye los costos internos que se deberán aplicar a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Estos componentes incluyen:

Internos:

- Licencia de software
- Capital para los equipos
- Recursos para equipo del proyecto

## 2.0 Costos Internos

### 2.1 Recursos Humanos

Tabla 16: Plan de costos para recursos humanos

Nombre	Costo (S/.)
Jefe del proyecto	0
Jefe de desarrollo	0
3 Recursos de desarrollo de software	0
Recurso teórico	0
Recurso de diseño	500

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2 Recursos materiales

Tabla 17: Plan de costos para recursos materiales

Nombre	Costo (S/.)
HTC Vive	3700
2 PC para el desarrollo	12000
PC para la implementación	6000

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo G: Matriz de Confusión Neural Network

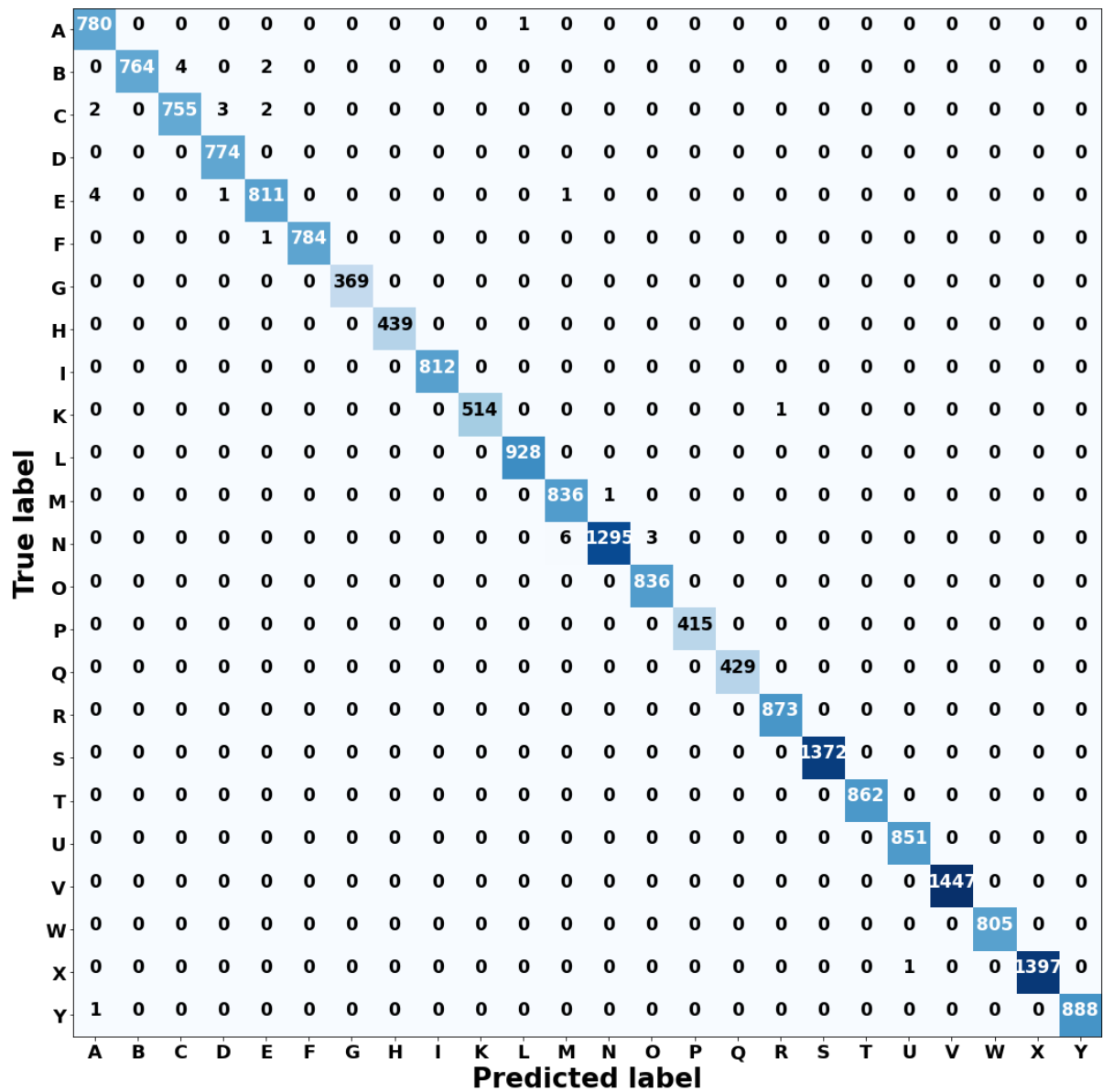


Ilustración 24: Matriz de Confusión

Fuente: Elaboración Propia