UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO DE VIDEOJUEGOS Y REALIDAD VIRTUAL

Digitalización de Odonto-Match: Videojuego educativo de cartas sobre la morfología dentaria para estudiantes de Odontología

GONZALO HIDALGO CASTRO

Profesor Guía: CLAUDIA DE LA FUENTE BURDILES

Profesor Co-guía: CARLO LARRUCEA

Memoria para optar al título de
Ingeniero en Desarrollo de Videojuegos y Realidad Virtual

Talca – Chile
19-01, 2026

UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO DE VIDEOJUEGOS Y REALIDAD VIRTUAL

Digitalización de Odonto-Match: Videojuego educativo de cartas sobre la morfología dentaria para estudiantes de Odontología

GONZALO HIDALGO CASTRO

Profesor Guía: CLAUDIA DE LA FUENTE BURDILES

Profesor Co-guía: CARLO LARRUCEA

Memoria para optar al título de
Ingeniero en Desarrollo de Videojuegos y Realidad Virtual

El presente documento fue calificado con nota: _____

Talca – Chile

19-01, 2026

TABLA DE CONTENIDOS

página

Tabla de Contenidos I

Índice de Figuras IV

Índice de Tablas V

Resumen VI

Abstract I

1. Introducción 1

2. Estado del arte 4

2.1. Videojuegos educativos en Odontología 4

2.2. Experiencia de usuario y motivación en videojuegos educativos 5

2.3. Juegos de mesa sobre odontología 6

2.4. Digitalización de juegos de mesa educativos 8

3. Marco teórico 10

3.1. Morfología dentaria 10

3.1.1. Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia 14

3.2. Teoría de la autodeterminación 16

3.3. Tecnologías 16

3.3.1. React.js 17

3.3.2. Node.js 18

3.3.3. Socket.IO 19

3.3.4. Firebase 19

4. Marco Metodológico 21

4.0.1. Metodología a utilizar 21

4.0.2. Carta Gantt 23

5. Diseño **24**
5.1. Transición al formato digital . . . 24
5.2. Nuevas funcionalidades del sistema . . . 25
5.2.1. Nuevas funcionalidades . . . 26
5.3. Diseño de experimentos . . . 27
5.3.1. Participantes . . . 27
5.3.2. Instrumentos . . . 27
5.3.3. Pasos para los experimentos . . . 28

6. Implementación **29**
6.1. Desarrollo de Sprints . . . 29
6.2. Ajustes finales . . . 33
6.3. Fase de Testeo con usuarios . . . 34
6.3.1. Usuarios participantes . . . 34
6.3.2. Desarrollo de la sesión de juego . . . 34
6.4. Resultados . . . 35
6.4.1. Análisis docentes . . . 37
6.4.2. Análisis estudiantes y profesionales de odontología . . . 38
6.4.3. Análisis general . . . 38

7. Conclusión y trabajo futuro **39**

Bibliografía **41**

A: Apéndice: Metodologías y planificación del proyecto **45**
A.1. Revisión de metodologías ágiles . . . 45
A.2. Carta Gantt . . . 46

B: Apéndice: Reglas digitalizadas **47**
B.1. Reglas digitalizadas . . . 47
B.1.1. Inicio de juego . . . 47
B.1.2. Turno del jugador . . . 48
B.1.3. Clasificación del par . . . 48
B.1.4. Pregunta de refuerzo . . . 49
B.1.5. Fin del juego. . . . 49

C: Documento de diseño de videojuego **50**

C.0.1. Aspectos generales 50
C.0.2. Concepto 50
C.0.3. Jugabilidad y mecánicas 51
C.0.4. Flujo de pantallas 54
C.0.5. Flujo de inicio de sesión 54
C.0.6. Diseño de pantallas: 55
C.0.7. Progresión del jugador 59
C.0.8. Concepto de arte 60
C.0.9. Especificaciones técnicas 60

D: Apéndice: Instrumentos de evaluación **62**

D.1. Prueba de conocimiento (Pretest) 62
D.2. Prueba de conocimiento (Post Test) 66
D.3. Cuestionario de usabilidad 70
D.4. Resultados obtenidos 71
D.4.1. Resultados de la evaluación pre test 71
D.4.2. Resultados de la evaluación post test 71

E: Apéndice: Video gameplay **72**

ÍNDICE DE FIGURAS

página

2.1. Esquema funcional del tablero del juego físico Odonto-Match 7

3.1. Caras dentarias en incisivo. Tomado de López Velasco. 11
3.2. Caras dentarias en molar. Tomado de López Velasco. 11
3.3. Surcos en la cara oclusal de un molar. Tomado de López Velasco. . . 12
3.4. Fosas centrales en molares. Tomado de López Velasco. 13
3.5. Crestas marginales y triangulares. Tomado de López Velasco. 13
3.6. Modelo aprendizaje multimedia, imagen extraída de Latapi Venegas. 15

6.1. Interfaz de juego 34

A.1. Planificación en Carta Gantt 46

C.1. Flujo de de partida 53
C.2. Flujo de pantalla del juego Odonto-Match 54
C.3. Flujo de inicio de sesión 55
C.4. Mockup de la pantalla de inicio de Odonto-Match 55
C.5. Mockup de la pantalla principal 56
C.6. Pantalla de perfil de usuario 57
C.7. Mockup interfaz de juego 58
C.8. Referencia pantalla principal de Duolingo. 60

ÍNDICE DE TABLAS

página

3.1. Comparación técnica entre React, Vue, Angular y Svelte. 17

4.1. Product Backlog del proyecto lista priorizada 23

6.1. Épicas del sprint 1 29
6.2. Épicas del sprint 2 30
6.3. Épicas del sprint 3 31
6.4. Épicas del sprint 4 32
6.5. Resultados de los cuestionario en términos de facilidad y uso práctico 36
6.6. Resultados de pruebas de conocimientos sobre morfología dentaria . . 37

RESUMEN

La morfología dental es un pilar fundamental en el área de la odontología, sin embargo, para los estudiantes en sus primeros años de carrera puede resultar un desafío, debido a la variedad de piezas dentales y la precisión que se requiere en el conocimiento anatómico. A esta dificultad se le suma un enfoque tradicional de enseñanza, que en su gran mayoría se centra en clases expositivas, presentando limitaciones para fomentar el aprendizaje interactivo, no logrando captar la atención de los alumnos y, por consecuencia, generar un aprendizaje insuficiente y de corto plazo.

En este contexto, se desarrolló la digitalización de Odonto-Match, un modelo de ludificación basado en uso de memoria visual para reforzar el aprendizaje de conceptos de morfología dentaria. El juego fue desarrollado por Carlo Larrucea S., Bianca Ortega V. y Cecilia Muñoz S., y consiste en una dinámica de cartas para dos jugadores que busca estimular la observación y memorización de características anatómicas de las piezas dentales. Si bien, su formato físico soluciona parte de las problemáticas mencionadas anteriormente, está presenta limitaciones, ya que requiere la presencia de otro jugador, un espacio físico adecuado y de un facilitador humano que vaya verificando las respuestas de los jugadores. Es por ello que al transformar el juego a una versión web multijugador se logra automatizar estás funcionalidades, volviéndose más accesible, y facilitando traer nuevas actualizaciones al juego.

El desarrollo del proyecto se realizó utilizando la metodología Scrum, con una comunicación continua con el cliente y el uso de herramientas como React para la interfaz de usuario, Node.js para la lógica del juego, Socket.IO para la comunicación en tiempo real y Firebase para la base de datos y gestión de usuarios. Como resultado, se obtuvo un producto funcional, accesible y libre de errores, que respeta las mecánicas y objetivos educativos del formato original.

El diseño del videojuego presenta coherencias con la teoría de aprendizaje multimedia, la cual plantea que las personas aprenden de manera más efectiva cuando integran elementos visuales y verbales. El impacto del proyecto radica en la incorporación de una herramienta digital de apoyo al aprendizaje de la morfología dental, con potencial de adaptación a otros contenidos dentro de la formación odontológica, y de servir como referencia para futuros proceso de digitalización.

ABSTRACT

Dental morphology is a fundamental pillar in the field of dentistry; however, for novice students in their early years, it often becomes a real challenge due to the wide variety of dental teeth and the precision required to identify their anatomical characteristics. This difficulty is further compounded by the predominance of traditional, lecture-based teaching methods, which limit opportunities for interactive learning. As a result, students' attention is not effectively engaged, leading to insufficient and short-term learning.

In this context, the digitalization of Odonto-Match is proposed, an educational card game for 2 players whose objective is to reinforce knowledge of concepts in dental morphology, through memory and observation. Although in its physical format it largely solves the aforementioned problems, it presents limitations, since it requires the presence of another player, an adequate physical space, and a human facilitator who verifies the players' answers in the case of a question, as well as the identification of a tooth. That is why, by transforming the game into a multiplayer web version, these problems are solved, automating functionalities, becoming more accessible, adapting to future updates, and keeping a record of the players' performance.

The project was developed using the Scrum methodology, with continuous communication with the client and the use of tools such as React for the user interface, Node.js for the game logic, Socket.IO for real-time communication, and Firebase for the database and user management. The result was a functional, accessible, and bug-free product that respects the mechanics and educational objectives of the original format.

The video game design aligns with multimedia learning theory, which posits that people learn more effectively when they integrate visual and verbal elements. The project's impact lies in the incorporation of a digital tool to support learning about dental morphology, with the potential to be adapted to other content within dental education and to serve as a reference for future digitization processes.

1. Introducción

La morfología dentaria es el estudio detallado de cada uno de los dientes, tanto de la forma, estructura y funciones. Resultando esencial para futuros odontólogos debido a su implicación en distintos procedimientos clínicos como por ejemplo, odontología restauradora, endodoncia, cirugía oral, ortodoncia, prostodoncia, periodoncia, etc [1]. Esto la vuelve una materia crucial para los estudiantes de odontología, sobre todo en sus primeros años de formación, y debido a la cantidad de variaciones de formas que deben recordar, son necesarios métodos de enseñanza adecuados o herramientas que faciliten el aprendizaje de estos contenidos.

Los métodos de enseñanza que se centran en clases tradicionales no logran ser suficientes para fomentar el interés o motivación del alumno, si bien estos métodos han demostrado ser efectivos en algunos contextos, actualmente presentan limitaciones por su escasa interactividad, una comunicación unidireccional del profesor al estudiante y baja participación [2]. Por otro lado, el perfil del estudiante actual ha crecido en un entorno digital, mostrando una mayor cercanía por contenidos visuales e interactivos que le permitan aprender a su propio ritmo[3], por lo que al incorporar herramientas digitales podría resultar una alternativa más atractiva y efectiva para lograr un aprendizaje significativo [4]. Por esta situación, es necesaria la incorporación de herramientas digitales que integren elementos interactivos, que apoyen el aprendizaje de la morfología dental.

Frente a las limitaciones de los métodos tradiciones en el aprendizaje de la morfología dental, se propone digitalizar el juego de cartas físico Odonto-Match a un formato web multijugador, cuyo propósito es fortalecer el aprendizaje de conceptos sobre la morfología dental mediante la memoria visual, la asociación y el reforzamiento de conocimientos. Digitalizar Odonto-Match presentaría numerosas ventajas,

tanto en escalabilidad, para entregar nuevas actualizaciones, como de accesibilidad para el usuario, brindando mayor comodidad al poder ingresar desde cualquier lugar, y además, se planea llevar un registro de datos de los usuarios, incluyendo tiempo de partida, partidas jugadas y puntuaciones obtenidas, lo que ayudará a analizar si existe una relación entre el uso del videojuego y una mejora en el aprendizaje. Se espera obtener una versión funcional, multijugador y que pueda servir como herramienta complementaria en el aprendizaje de la morfología dental.

Pregunta de investigación

¿Puede la versión digital Odonto-Match ayudar a reforzar el aprendizaje de la morfología dentaria en estudiantes de odontología?.

Hipótesis

El videojuego Odonto-Match mejorará la comprensión de contenidos sobre morfología dentaria en estudiantes de segundo año de odontología.

Objetivo general

El Objetivo General del proyecto es: Desarrollar una versión digital y multijugador del juego educativo de cartas Odonto-Match, para estudiantes de segundo año de odontología, con el propósito de apoyar el aprendizaje de la morfología dental.

Objetivos específicos

1. Diseñar una interfaz gráfica atractiva e intuitiva, aplicando principios de usabilidad y experiencia de usuario.

2. Implementar las mecánicas, reglas y funcionalidad multijugador respetando los objetivos educativos del juego original.

3. Realizar pruebas de usabilidad para medir la satisfacción de los estudiantes mediante encuestas con escala Likert.

4. Evaluar el impacto del videojuego en el aprendizaje de la morfología dentaria, mediante pruebas de conocimiento antes y después del uso del juego.

Esquema del documento

La estructura del documento, contempla 7 capítulos, comenzando por el capítulo introductorio, con la definición del problema. En la siguiente sección, se presentará el estado del arte, mediante una revisión sobre el impacto de videojuegos educativos en odontología, formas de generar motivación y otros enfoques en el proceso de digitalización. Adicionalmente, en la sección 3 se presentará el marco teórico, mediante una revisión teórica que refuerza el enfoque pedagógico de Odonto-Match, conceptos sobre la morfología dentaria y la elección de las herramientas a utilizar. Dentro de la sección 4 del marco metodológico, se centrará en la elección de la metodología y la planificación del proyecto. En la sección 5 diseño, se llevará a cabo el rediseño de Odonto-Match a su formato digital, organizando los requerimientos técnicos del proyecto en un GDD, y se explicarán los instrumentos de evaluación que serán utilizados para validar su impacto como herramienta educativa. Luego en la sección 6, se presentará el desarrollo del proyecto y los resultados obtenidos a partir de los experimentos. Finalmente, en la sección 7, se presentarán las conclusiones generales del proyecto y se propondrán posibles mejoras para el desarrollo futuro.

2. Estado del arte

En esta sección se presentan estudios vinculados a videojuegos educativos en el ámbito de la odontología, medidas para fomentar la motivación, juegos de mesa sobre morfología dental y sobre la digitalización de juegos de mesa educativos. El propósito es analizar los principales desafíos que podremos encontrar en el desarrollo del proyecto, así como también sus resultados, para poder tener una base sólida para lograr la digitalización.

2.1. Videojuegos educativos en Odontología

Diversos estudios han abordado el uso de videojuegos en el área de la odontología y han analizado su impacto en la educación. Uno de esos trabajos es de Fernández-Gómez et al. [5], quienes buscaron medir la eficacia del uso del videojuego educativo como complemento a las clases tradicionales. Para esto, se trabajó con dos grupos de estudiantes; ambos grupos recibieron las clases tradicionales, pero el grupo experimental tuvo acceso al videojuego educativo "Perio Screening" como recurso complementario. La evaluación fue mediante pre-test y post-test, en aspectos teóricos, como prácticos, complementando con una encuesta de satisfacción. Los resultados, al igual que en el estudio realizado por Amer et al. [6], no mostraron diferencias significativas en términos académicos, concluyendo que el videojuego no mejora significativamente el aprendizaje teórico, pero sí mejora la satisfacción y la motivación. Por otro lado, el trabajo de Buajeeb et al. [7], quienes diseñaron y desarrollaron un videojuego de simulación para el diagnóstico y la planificación del tratamiento de lesiones orales (SimOL), sí pudo probar la eficacia del videojuego, SimOL permitió a los estudiantes desarrollar el pensamiento crítico y la aplicación práctica de sus conocimientos en

escenarios clínicos simulados. Sin embargo, el disfrute percibido fue calificado por los estudiantes con la calificación más baja comparándolo con otros aspectos.

En conjunto, los estudios muestran que los videojuegos educativos en odontología tienen un efecto positivo en la motivación y participación, y en ciertos aspectos del aprendizaje. Aunque coinciden en que aún se requiere investigación para validar su eficacia. Por lo que este escenario, evidencia la necesidad de seguir explorando herramientas digitales, ya que su efectividad dependerá de su diseño instruccional, equilibrando entre aprendizaje y juego.

2.2. Experiencia de usuario y motivación en videojuegos educativos

En los antecedentes anteriores pudimos observar cómo los videojuegos aumentan el compromiso y la motivación. Por lo que es importante analizar cómo logran aquello, estas serán las claves para que el usuario se mantenga interesado en el proceso de aprendizaje.

Uno de estos ejemplos, es el trabajo de Khaleel et al. [8], quienes desarrollaron una aplicación web sobre lenguajes de programación, con el objetivo de aumentar el compromiso de los estudiantes utilizando elementos de ludificación. Para los experimentos, separaron 60 estudiantes en 2 grupos, un grupo recibiría clases tradicionales y el otro utilizaría la aplicación web. Ambos grupos realizarían pruebas antes y después de aplicar cada método de aprendizaje. Tras analizar los resultados de las evaluaciones, el grupo experimental obtuvo mejores resultados en promedio, para luego preguntar a los estudiantes que utilizaron la aplicación qué elementos encontraron más atractivos y cuáles fueron los menos llamativos. Los estudiantes calificaron en general a todos los elementos con una alta aceptación, pero los elementos que destacaron y obtuvieron una aceptación del 100 % fueron la tabla de clasificación, la tabla del top 10 en la página principal, el sistema de puntos y sistema de insignias o logros (badges).

Zamri y Tan [9] abordan la motivación de manera diferente, ellos proponen realizar una evaluación para la interfaz de usuario en videojuegos educativos, basada en diez elementos fundamentales: conectividad, simplicidad, direccionalidad, información, interactividad, facilidad de uso, integridad, continuidad, personalización y elemento interno. Su estudio se basó en comparar diez videojuegos educativos, y que

los estudiantes los evalúen mediante una escala Likert; estos identificaron que los juegos con mayor claridad visual, navegación intuitiva y retroalimentación constante ofrecían mejores experiencias para los usuarios. Concluyeron que estos elementos mejoran la motivación, el compromiso y la continuidad en el uso, pero que no basta con integrar algunos, sino que deben considerarse todos los elementos de forma integrada para lograr una interfaz eficaz en videojuegos educativos.

Estos estudios abordan la motivación en juegos educativos de formas diferentes; por un lado, incorporando elementos ludificados que incentivan la participación y por el otro, entregando una mejor experiencia de usuario, evaluando la interfaz en diez elementos fundamentales.

2.3. Juegos de mesa sobre odontología

Un referente perfecto para este trabajo es el Tooth Morphology Board Game (TMBG) desarrollado por Anisa Vahed [10]. Juego educativo enfocado en la enseñanza de la morfología dental, como estrategia de apoyo para estudiantes de primer año de tecnología dental, promoviendo el trabajo en equipo y la participación del estudiante.

El juego comienza formando dos equipos, cada uno con 2 o 3 estudiantes. Durante la partida, los equipos debían responder preguntas de opción múltiple relacionadas con anatomía dental y por cada respuesta correcta, el equipo podía colocar un diente en un modelo maxilar con el número correspondiente, y en el caso de una respuesta incorrecta, debían retirar un diente. Otro de los elementos que utilizaba el juego eran cartas de recompensa, ofreciendo ventajas como colocar un diente extra o inmunidad, y cartas de penalización, que castigaban al equipo retirando un diente extra o perdiendo el turno. Estas se obtenían en caso de acertar o fallar durante las preguntas. Demostrando ser una experiencia divertida y útil para los estudiantes, según [10] les ayudó a entender conceptos difíciles, lo que se reflejó en una mejora en el rendimiento académico.

Al igual que el juego previamente mencionado, tenemos a Odonto-Match, cuyo propósito es reforzar los contenidos de morfología dentaria, mediante la formación de pares y preguntas de refuerzo. Si bien el juego no ha sido probado con alumnos, si ha sido probado por docentes, que han validado su enfoque pedagógico.

El juego consta de un mazo de 48 cartas, entre ellas hay 20 pares de cartas con

imágenes, términos o conceptos sobre morfología dental, 4 pares de cartas trampa, estas cartas están diseñadas para añadir un grado de dificultad al juego, ya que no corresponden a ningún tablero de clasificación, únicamente al tablero de trampas, y los tableros de clasificación estos son 4 tableros con 5 espacios donde se organizan los pares de cartas según su categoría. En la Figura2.1 se observa la distribución de los elementos del juego.

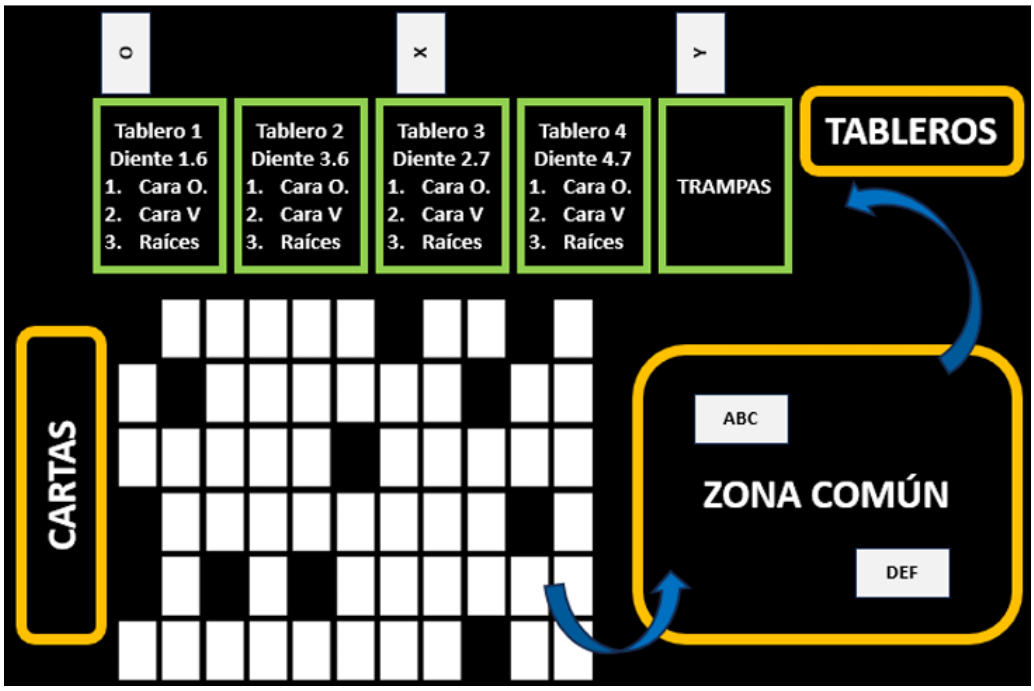


Figura 2.1: Esquema funcional del tablero del juego físico Odonto-Match

El juego comienza con un mazo de 48 cartas boca abajo, formando una cuadrícula. En cada turno, un jugador puede voltear dos cartas. Si las cartas forman un par, estas son colocadas en la zona común, obteniendo 1 punto y se le dará acceso al jugador durante ese turno a la zona común. En caso contrario las cartas vuelven a su posición original, cambiando el turno al siguiente jugador.

Cuando un jugador tiene acceso a la zona común, este podrá mover el par formado a uno de los tableros, si se equivoca de tablero, el par vuelve a la zona común hasta que alguien arme otro par y pueda acceder nuevamente. Si la asignación al tablero es correcta, se suma 1 punto adicional. Cada vez que un participante logra colocar el tercer y quinto par de cartas en cada tablero, se activa una pregunta de conocimiento. Si responde correctamente, se le otorga 1 punto adicional. El juego finaliza cuando

se hayan completado todos los tableros y se responda la última pregunta de refuerzo, momento en que se calculan los puntajes obtenidos y se determina al ganador.

El concepto detrás de Odonto-Match es buscar promover el aprendizaje lúdico, el refuerzo del conocimiento teórico, la asociación visual-verbal y la toma de decisiones. Aunque, su efectividad puede estar limitada al necesitar un docente o facilitador humano que vaya guiando a los jugadores o corroborando sus decisiones en caso de cometer algún error.

2.4. Digitalización de juegos de mesa educativos

Un ejemplo de digitalización de un juego de mesa educativo es el estudio de Sivak et al. [11], que transformaron el juego físico Shortfall, orientado a la enseñanza de temas medioambientales en ingeniería a una simulación digital multijugador. El juego en su versión física permitía a los estudiantes representar distintos roles en la cadena de suministro automotriz, y tomar decisiones colaborativas en un entorno competitivo. El objetivo del juego consistía en que los estudiantes entendieran el equilibrio entre rentabilidad económica y responsabilidad medioambiental.

Según [11] la versión digital les permitió integrar métricas adicionales como el "green score", poder automatizar cálculos y realizar un seguimiento del rendimiento estudiantil, a través de las partidas, pero también expuso nuevos problemas, como el equilibrio del juego, la distribución de roles y una disminución significativa en la comunicación cara a cara entre los jugadores, afectando la dimensión colaborativa del aprendizaje. Además, los principales desafíos que experimentó el equipo fueron rediseñar la interfaz de juego, debido a la cantidad de elementos que este poseía, lo que sobrecargaba al usuario con información innecesaria y la ausencia de un facilitador humano generó confusión en las primeras rondas, y llevó al equipo a proponer el desarrollo de tutoriales interactivos y ayudas integradas dentro del juego.

Un ejemplo de digitalización híbrida es el trabajo de Dempsey et al. [12], quienes digitalizaron el juego ISTART: The Board Game, cuyo objetivo era la aplicación de estrategias de comprensión lectora mediante la generación de autoexplicaciones. Para ello, un jugador tomaba el rol de lector y debía leer una oración y generar una autoexplicación utilizando una estrategia de comprensión lectora, que le era asignada de forma aleatoria. En cambio, los demás jugadores escuchaban y debían adivinar qué estrategia se usó, para luego debatir por qué se usó esa estrategia.

Para la digitalización se quiso replicar la experiencia del juego físico, manteniendo la lógica y reglas centrales. Para esto se integró un sistema de puntos automatizado, se reemplazó el debate verbal por un chat limitado por tiempo y cantidad de mensajes, logrando conservar las mecánicas básicas del juego de mesa. Al probar esta versión digital, los usuarios la encontraron menos divertida y con un ritmo de juego más lento, ya que se había perdido uno de los componentes que más destacaba en su versión física la interacción social y el ambiente colaborativo.

Estos estudios confirman la importancia de que para realizar una digitalización no es simplemente una transformación del juego físico al digital, sino que es necesaria una reinterpretación pedagógica.

3. Marco teórico

En esta sección se presentan teorías que buscan sustentar conceptos como la memoria y la motivación, clave para lograr un aprendizaje significativo. Además, del uso de tecnologías para el desarrollo del proyecto.

3.1. Morfología dentaria

La morfología dentaria es una rama de la odontología que se ocupa del estudio de las formas y tejidos dentarios, principalmente en la forma modal de la corona y la raíz [13]. Incluyendo elementos como cúspides, surcos, crestas, con el fin de distinguir las características y funciones de cada diente.

Los dientes, tanto maxilares como mandibulares, poseen características únicas y funciones que las diferencian entre sí, por lo que es necesario un estudio detallado de cada uno de ellos. Normalmente, los humanos presentan 2 tipos de dentición: la decidua y la permanente. La dentición decidua, también conocida como dentición temporal, está compuesta por 20 dientes presentes en el maxilar y la mandíbula, cuyo recambio dental suele comenzar alrededor de los 6 años y finaliza entre los 11 y 14 años. La dentición permanente o adulta, está compuesta por 32 dientes, formados por 3 grupos: incisivos, encargados de cortar alimentos y relacionados con la sonrisa estética; los caninos ayudan a desgarrar los alimentos; y los premolares y molares, encargados de la trituración. Por lo tanto, la importancia de la anatomía dental recae en identificar cada uno de los dientes para entregar el mejor tratamiento al paciente, en áreas como odontopediatría, prótesis dental, periodoncia y técnicas estéticas.

Para poder identificar cada uno de los dientes, es necesario reconocer las distintas caras o superficies, que estos poseen. Como se muestra en la Figura3.1 y en la Figura3.2 cada diente presenta 5 diferentes caras [14], estas son:

- Cara mesial: superficie del diente más cercana a la línea media del arco dentario (cercano al centro de la boca).
- Cara distal: superficie que se encuentra más alejada de la línea media (alejado del centro de la boca).
- Cara vestibular: superficie externa del diente, orientada hacia el vestíbulo bucal (labios o mejillas).
- Cara palatina o lingual: superficie orientada hacia el paladar si es un diente en el maxilar (zona superior), o hacia la lengua si es un diente de la mandíbula (zona inferior).
- Cara incisal u oclusal: se denomina cara incisal, si tiene un borde cortante (incisivos o caninos), y oclusal si la cara entra en contacto con los dientes del arco opuesto (molar).

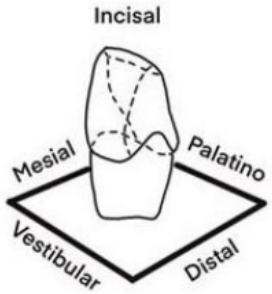


Figura 3.1: Caras dentarias en incisivo. Tomado de López Velasco.

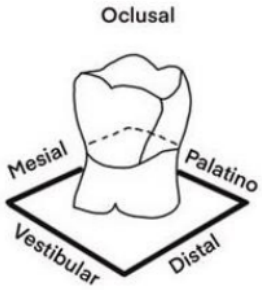


Figura 3.2: Caras dentarias en molar. Tomado de López Velasco.

Además de conocer las caras de cada dientes, es necesario identificar las diferencias de cada uno, observando las elevaciones y depresiones que el diente posee. A continuación se presentan las siguientes estructuras basadas en el estudio de López Velasco [14].

Las cúspides son elevaciones que sobresalen del diente, estos se encuentran en caninos, premolares y molares. Su forma se asemeja a una pirámide con base cuadrada, formada por cuatro vertientes.

Por otra parte, los surcos son depresiones alargadas y angostas que aparecen en la superficie de los dientes, en la cara oclusal, cuando se genera la mordida. Suele tener forma de V y se presentan en 2 tipos: los surcos principales, siendo más profundos y marcan el límite entre cúspides, y los surcos secundarios, menos profundos y más pequeños. En la Figura 3.3 se presentan los surcos principales con color rojo y los surcos secundarios con color amarillo.

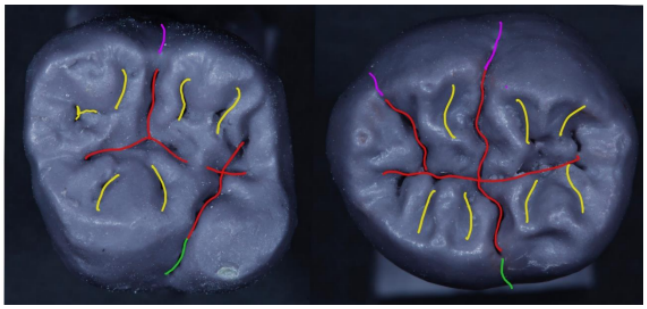


Figura 3.3: Surcos en la cara oclusal de un molar. Tomado de López Velasco.

Las fosas son depresiones que se forman donde se cruzan los surcos, presentes en molares y premolares, en la superficie oclusal, y también pueden estar en incisivos, dentro de la parte interna o superficie palatina. Presentan 2 tipos de depresiones: una fosa central, en el centro de un molar; y en las fosas triangulares, cerca de los bordes junto a las crestas marginales. En la Figura 3.4 se presenta la fosa central con un punto rojo y las fosas triangulares con color morado.

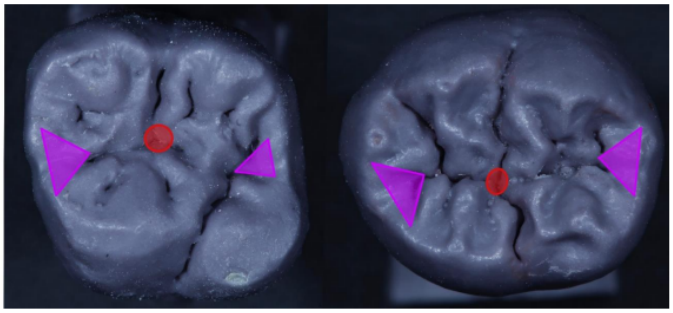


Figura 3.4: Fosas centrales en molares. Tomado de López Velasco.

Cresta marginal son elevaciones lineales de esmalte que se encuentran en distintos dientes. En los molares y premolares se encuentran en la cara oclusal, en los bordes mesial y distal; en los incisivos y caninos, se encuentran en la cara lingual o palatina, en los bordes mesial y distal. Su función es ayudar a mantener los alimentos sobre la superficie masticadora.

La cresta triangular es una elevación que se encuentra en la cúspide de un molar o premolar, hacia el centro de la cara oclusal. Su forma se asemeja a un triángulo y su función es guiar los alimentos hacia la zona de trituración.

En la Figura 3.5 se representan las crestas marginales con color naranjo y la cresta triangular con color azul.

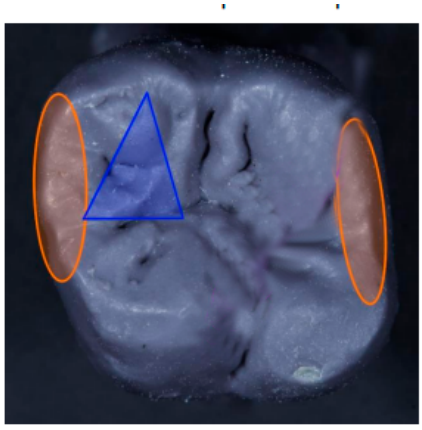


Figura 3.5: Crestas marginales y triangulares. Tomado de López Velasco.

Finalmente, el cíngulo es un abultamiento redondeado que se ubica en la parte interna en la cara lingual o palatina en dientes como los incisivos y caninos. Se

encuentra en la porción cervical de la corona.

El conocimiento de estas estructuras dentales, tiene su aplicación en distintos contextos profesionales en la odontología. Uno de ellos es la estética dental junto con las restauraciones cuyo objetivo es replicar los detalles del diente de la forma más fiel posible. Estas prácticas bien diseñadas pueden contribuir en la autoestima del paciente, mejorando su calidad de vida e interacción social [15]. Por otro lado, este conocimiento no solo es útil en el área odontológica; también cumple un rol importante en las investigaciones forenses, la investigación antropológica y el examen de restos fosilizados para estudios paleontológicos [16]. Además, permite identificar anormalidades dentales como dientes supernumerarios, quistes y tumores [15].

3.1.1. Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia

Entender cómo funciona la memoria, debe ser uno de los elementos más importantes para crear métodos de enseñanza efectivos, ya que es la memoria la que nos permite adquirir y retener nuevos conocimientos [17].

Según Latapí [18], la teoría de aprendizaje multimedia propuesta por Mayer se basa en 3 aportes. El primero es la teoría de codificación de Palvio [19], ésta sostiene que el ser humano posee 2 canales de representación, un canal visual y uno verbal, estos canales si bien pueden trabajar de forma separada, cuando se junta, el aprendizaje se potencia. El segundo aporte es la memoria de trabajo de Baddeley y Hitch [20], quienes plantean que al igual que Palvio, existen 2 tipos de canales, uno que retiene la información verbal o auditiva y mientras que el otro retiene la información visual o espacial. Además, del sistema central, que es aquel que coordina ambos canales, decidiendo qué tipo de procesamiento se debe aplicar en el contexto. Este sistema tiene una capacidad limitada, por lo que si se sobrecarga el aprendizaje se bloquea. El tercer aporte es el modelo multialmacén de Atkinson y Shiirin [21], quienes describen como la información es procesada por 3 tipos de memoria: la memoria sensorial, la de corto plazo y la de largo plazo.

Utilizando los métodos previamente mencionados Mayer desarrolla 3 supuestos, el primero que existen dos canales para procesar la información, uno verbal y otro visual, ambos canales no se sobreponen, sino que se complementan; el segundo, ambos canales tiene una capacidad limitada para procesar información; y el tercero, la nueva información visual o verbal, que el usuario procesa, se integra con el conoci-

miento previo en la memoria de largo plazo. Finalmente, Mayer describe cómo se procesa la información en su modelo, considerando 3 tipos de memoria, la memoria sensorial, está se activa cuando se recibe un estímulo, ya sea un sonido o una imagen, y casi no retiene información. La memoria de trabajo, encargada de procesar la información utilizando los canales visuales y verbales, organizando e integrando con sus conocimientos previos, en la memoria de largo plazo [18].

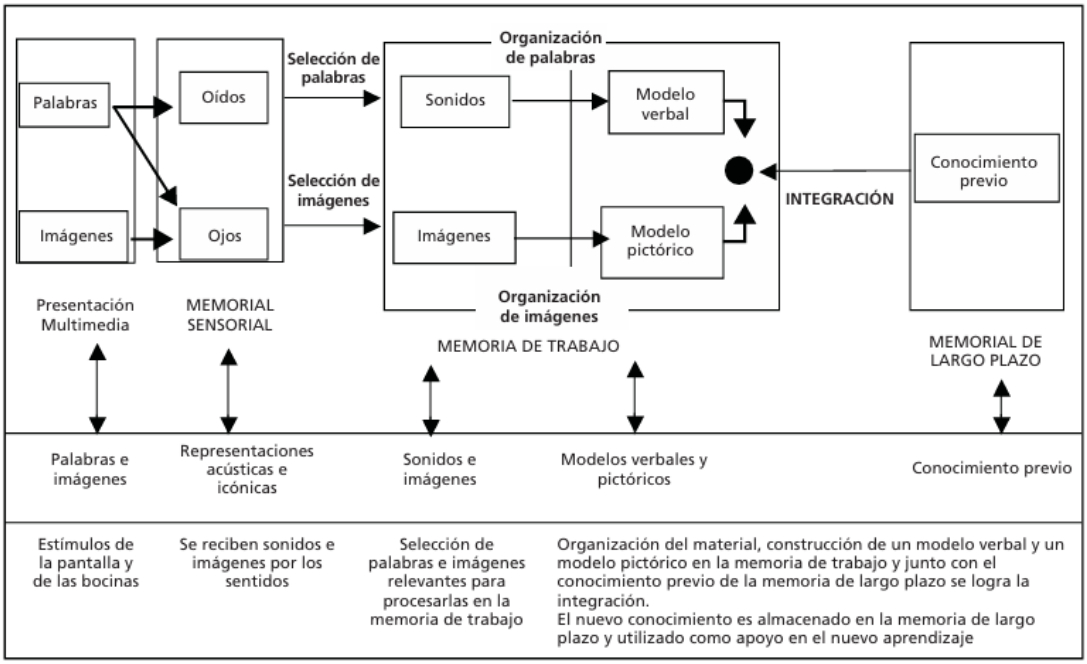


Figura 3.6: Modelo aprendizaje multimedia, imagen extraída de Latapi Venegas.

Para entender mejor esto, Latapi Venegas [18] desglosa la teoría en cinco procesos cognitivos: selección de palabras, selección de imágenes, organización de palabras, organización de imágenes e integración. Estos procesos se representan en la Figura 3.6.

Las mecánicas de Odonto-Match sigue estos 5 procesos cognitivos, con la selección de imágenes o palabras (cartas con imágenes y conceptos), organizandolas mentalmente en la memoria de trabajo, para luego asociarlas con sus conocimientos previos, clasificando las cartas en los tableros correspondientes y almacenarla en su memoria de largo plazo.

3.2. Teoría de la autodeterminación

La motivación es un factor determinante en el rendimiento académico [22], y anteriormente vimos cómo elementos ludificados y la experiencia de usuario podrían llegar a favorecerle, pero es necesario conocer cómo funciona la motivación desde una perspectiva teórica.

Según Stover et al. [23], la Teoría de la Autodeterminación de Deci y Ryan es concebida como una macroteoría de la motivación humana para comprender los comportamientos de forma generalizada, integrando aportes de Maslow y Rogers, definiendo al ser humano como un organismo con tendencias hacia el crecimiento que tienen como fin satisfacer sus necesidades.

Esta teoría plantea que existen tres tipos de motivación que influyen en el rendimiento y el compromiso del estudiante: la motivación intrínseca, que ocurre cuando una persona siente un interés o placer al realizar una actividad; la motivación extrínseca, que ocurre cuando la actividad se realiza por una obligación o para obtener algún resultado; la amotivación, cuando no existe una motivación [23].

La motivación que predomina en una persona depende del grado en que se satisfacen estas tres necesidades psicológicas básicas: autonomía, sentirse capaz de tomar decisiones; competencia, sentirse capaz de enfrentar desafíos y superarlos; vinculación, establecer relaciones sociales.

En este sentido, para poder llegar a la motivación intrínseca es necesario crear entornos favorables que puedan satisfacer estas tres necesidades básicas: autonomía, competencia y vinculación. Los videojuegos han mostrado ser una solución a estas necesidades; cada jugador es dueño de sus decisiones, existe un desafío constante y, en muchos casos, es posible interactuar con otros.

3.3. Tecnologías

En esta sección se describen las principales tecnologías para el desarrollo del proyecto. Seleccionando las herramientas más eficientes para abordar las distintas capas del proyecto; el frontend, para la creación de interfaces, el backend, en donde ocurrirá la lógica del proyecto. Así como también, herramientas que faciliten la comunicación en tiempo real y el almacenamiento de datos. Pensando en estas tecnologías en su conjunto.

3.3.1. React.js

React es una biblioteca de JavaScript de código abierto, desarrollada inicialmente por la empresa Facebook, enfocada en la construcción de interfaces de usuario a partir de componentes reutilizables [24]. Los componentes pueden representar pequeñas piezas visuales que corresponden a distintos elementos de la interfaz, y luego organizarlos dentro de componentes más grandes para representar la estructura general de la aplicación [24]. Cada componente puede tener un estado interno y gestionar su propio estado. Para ello, la biblioteca proporciona herramientas que permiten gestionar su comportamiento; entre ellas, useState permite almacenar y actualizar valores del componente; useEffect se utiliza para realizar acciones como cargar datos o reaccionar a cambios de estado.

Una de las ventajas de React es el uso del virtual DOM [24]. El DOM es una arquitectura que utilizan los navegadores para representar lo que está en pantalla como un árbol de nodos. Entonces, cuando ocurre un cambio en pantalla, el navegador vuelve a calcular la estructura de la página, lo que puede llegar a ser costoso en términos de recursos. React soluciona esto con el uso del virtual DOM, que es una copia en memoria del DOM real. Cuando React realiza un cambio, no modifica el DOM real, sino que modifica el virtual, para luego hacer una comparación entre el DOM virtual y el real, y modificar únicamente los componentes necesarios cuando los datos cambian [24].

Para comprender mejor las características técnicas de herramientas enfocadas en el desarrollo frontend, se presenta a continuación una comparación entre React, Angular, Vue y Svelte que recoge datos de rendimiento como las operaciones de agregar, eliminar o modificar elementos, el tiempo de compilación y el peso final del código optimizado. Basada en la información recopilada por Levlin [25].

Métrica	**React v16.12.0**	**Vue v2.6.11**	**Angular v8.2.14**	**Svelte v3.20.0**
Add 10,000 (ms)	30.96	25.36	52.75	31.26
Edit one (ms)	16.58	22.23	6.08	0.11
Edit 10,000 (ms)	17.86	20.64	896.76	885.03
Remove one (ms)	16.54	24.51	0.09	0.53
Remove 10,000 (ms)	7.39	33.33	23.83	22.97
Compilation (s)	3.96	3.07	8.70	1.61
Minified size (kb)	6.4	63.5	187.6	3.5

Tabla 3.1: Comparación técnica entre React, Vue, Angular y Svelte.

Como se presenta en la Tabla3.1. React presenta pocas debilidades y obtuvo un rendimiento equilibrado en la mayoría de las pruebas. Lo que hace a React una herramienta bastante sólida comparándola con su competencia, con una arquitectura flexible basada en componentes funcionales y su uso eficiente del virtual DOM.

3.3.2. Node.js

Node.js es un entorno de ejecución de JavaScript creado sobre el motor JavaScript V8 [26]. Permite crear aplicaciones web utilizando JavaScript enfocado en el desarrollo del lado del servidor (backend). Trabajar con JavaScript facilita el desarrollo del proyecto, unificando los lenguajes de programación con el frontend (uso de React).

Node cuenta con una arquitectura diseñada para escalar de manera eficiente. Debido a que adopta un enfoque no bloqueante, permitiéndole atender múltiples solicitudes sin desperdiciar tiempo ni recursos a que se completen operaciones de I/O (entrada/salida) [27]. Esto lo realiza mediante el uso del bucle de eventos utilizando un solo hilo, controlando el sistema de I/O por eventos, con una función callback en JavaScript cuando ocurre una acción. Esta función permite manejar solicitudes de manera asincrónica. Debido a que en caso de recibir una solicitud pesada, y no bloquear el flujo principal, el programa ejecuta las demás tareas pendientes y cuando esta tarea esté finalizada, la ejecuta, pero si es necesario, puede generar hilos desde un grupo para optimizar la ejecución de estas tareas en CPU, distribuyendo la carga entre varios núcleos del procesador [28].

Los recursos dentro de Node pueden compartirse entre proyectos gracias a NPM (Node Package Manager). NPM es una herramienta integrada de Node que alberga más de un millón de paquetes de código reutilizable y gratuito que contienen múltiples módulos. NPM ayuda a gestionar tanto paquetes locales que pertenecen a un proyecto específico, como herramientas de JavaScript instaladas globalmente, resolviendo dependencias, ejecutando pruebas e instalando [28]. Estos están abiertos a todos, y cualquiera puede publicar su propio módulo para que esté listado en el repositorio de NPM[28].

3.3.3. Socket.IO

Socket.IO es una biblioteca que permite la comunicación bidireccional y basada en eventos entre un cliente y un servidor [29]. Para lograr una comunicación en tiempo real, Socket.IO puede utilizar uno de estos mecanismos: HTTP long-polling, WebSocket y WebTransport; seleccionando el mejor transporte disponible dependiendo de las capacidades del navegador y la red [29]. En caso de una desconexión entre el servidor y el cliente, Socket.IO incluye un mecanismo para comprobar el estado de la conexión, y cuando el cliente recupera la conexión, este se conecta de forma automática con un retraso, para no saturar el servidor.

Socket.IO facilita la creación de eventos tanto del servidor al cliente como del cliente al servidor. Añadiendo una funcionalidad de reconocimiento (acknowledgements), son funciones de respuesta, ejecutándose cuando la otra parte reconozca el evento y pueda responder [30]. Además, esta herramienta permite la creación de salas (rooms) en Socket.IO, que son grupos de usuarios conectados a los que se les puede transmitir eventos específicos [31]. Por ejemplo, para una aplicación multijugador, dos usuarios pueden unirse a una misma sala de Socket.IO, lo que permitiría que ambos puedan compartir el mismo estado de juego en tiempo real. Esto facilita las interacciones dentro de una misma sala, evitando la creación de múltiples eventos separados por usuarios.

3.3.4. Firebase

Firebase es un BaaS (Backend as a Service), lo que ofrece una variedad de herramientas para el desarrollo de aplicaciones [32]. Entre ellas está Firebase Realtime Database, basada en una base de datos NoSQL y, como dice su nombre, es en tiempo real. Por lo que, si un usuario modifica algún dato, estos se actualizarán en el servidor de Google, para que luego el sistema actualice los datos a todos los demás usuarios. También está disponible cuando no hay conexión de red, guardando y almacenando la información en caché local, para que cuando el usuario vuelva a estar en línea, los datos se sincronicen de forma automática. Estos se encuentran protegidos por las Reglas de Seguridad de la Base de Datos de Firebase, que especifican quién puede acceder a qué información [32]. Además, no es necesario mantener un servidor operativo, ya que el servicio en la nube aloja la base de datos.

Otro de los servicios que aporta Firebase es Firebase Authentication, que coopera

con la base de datos para mantener un control de acceso [33]. Las funciones que ofrece son recuperación de contraseña y verificación de usuarios a través de la consola de Firebase. Además, mediante el SDK de Firebase Authentication, permite realizar tareas como iniciar y cerrar sesión, actualizar los datos de un nuevo usuario y autenticar mediante correo o cuentas de Gmail, GitHub, Facebook y Twitter.

En su conjunto, Firebase Realtime Database ofrece un entorno favorable para integrar bases de datos de manera sencilla. Debido a que, proporciona una sincronización de datos en tiempo real, y al estar basado en una base de datos NoSQL, elimina el uso de tablas dando mayor flexibilidad. Firebase Authentication, será un apoyo al utilizar está base de datos facilitando la gestión de usuarios y el control de acceso.

4. Marco Metodológico

Para el desarrollo del proyecto, es necesario definir un marco de trabajo coherente. En este sentido, se realizó un análisis de las metodologías de desarrollo de software mas utilizadas para determinar una decisión.

4.0.1. Metodología a utilizar

Para la selección de la metodología de trabajo se realizó una revisión de distintas metodologías ágiles, como Scrum, Extreme Programming y Kanban. La revisión de cada metodología se presenta en Anexo A.1.

Luego de identificar el enfoque de cada metodología, se determinó que Scrum es la más adecuada para el desarrollo del proyecto. Debido a que uno de los principales ejes del proyecto es mantener una comunicación continua con el cliente, para recibir retroalimentación y realizar los cambios requeridos. Dentro de este contexto, Kanban fue descartado, ya que no está diseñado específicamente para el trabajo interactivo con el cliente. Si bien la metodología XP existe una gran participación del cliente, está más enfocada en realizar aspectos técnicos, cuidando la calidad del código a través de la programación en pareja o el desarrollo guiado por pruebas. Por estas razones, se optó por utilizar la metodología Scrum.

Dado que Scrum es una metodología grupal, esta fue adaptada a un formato individual, donde el estudiante autor del proyecto asumió el rol del equipo de dearrollo, el rol de Scrum Master fue asumido por la profesora guía Claudia de la Fuente y el rol de Product Owner fue asumido por el profesor Carlo Larrucea, creador del juego Odonto-Match.

Para organizar el trabajo en hitos, el desarrollo del proyecto se dividirá en 2 etapas principales: Planificación y Desarrollo e Implementación. En esta primera etapa de

planificación, se definirán los requerimientos y la estructura del proyecto. Mientras que la etapa de desarrollo se realizará de forma iterativa siguiendo los principios de Scrum.

Etapa 1: Planificación

- **Análisis del juego físico y digitalización de reglas:** En esta actividad se realizará el backlog del proyecto, partiendo con un análisis del juego físico Odonto-Match, identificando las principales mecánicas y funcionalidades que automatizará el sistema.
- **Diseño de nuevas funcionalidades:** Luego de realizar la transición de las reglas del formato físico al digital, se integran nuevas funcionalidades para enriquecer el formato digital, en base a lo conversado con el cliente, con la revisión del estado del arte.
- **Definición de requerimientos técnicos:** Teniendo definidos los requerimientos para el desarrollo del proyecto, se procede a realizar un documento de diseño e incluyendo los experimentos cómo se llevarán a cabo los experimentos.

Etapa 2: Desarrollo e implementación

- **Producto funcional:** Esta etapa comenzará con una reunión con el cliente para definir los plazos de cada hito. Siguiendo con el desarrollo de Odonto-Match, para finalizar con un producto funcional, que contenga arte provisional, sistema multijugador y la lógica del juego. Finalmente, se realizará una nueva reunión con el cliente para presentar el avance y recibir retroalimentación.
- **Testeo y pulido:** Se realizarán los ajustes del cliente. Para continuar con los testeos del producto, con el fin de detectar errores y problemas de usabilidad, de forma simultánea se trabajará el arte final y su implementación.
- **Experimentos:** Realizando los últimos ajustes, se llevarán a cabo los experimentos pre y post test, con los cuestionarios de usabilidad para su eventual análisis y conclusión.

4.0.2. Carta Gantt

La planificación del proyecto se organizó mediante una carta Gantt, ver Anexo A.2, siguiendo los principales hitos de la etapa de desarrollo. Para la primera etapa del proyecto Producto Funcional, se realizó un análisis del juego físico y de las nuevas funcionalidades. A partir de estos requerimientos se extrajeron las épicas y se construyó el Product Backlog priorizado, como se muestra en la Tabla 4.1, distribuyendo las épicas en 4 sprint de 2 semanas con objetivos definidos, aunque estos siempre estarán sujetos a cambios.

Finalizando la primera etapa, se llevó a cabo la fase de Testeo y Pulido, en la cual se organizó una sesión de juego con el usuario objetivo, permitiendo ajustar los cambios necesarios antes de la fase final de Experimentos.

#	**Product Backlog priorizado**
1	Estructura y navegación de pantallas
2	Gestión de usuario
3	Prueba local de mecánica de pares
4	Arte provisional e implementación
5	Creación de salas (privadas y públicas)
6	Gestión de salas y flujo de conexión de jugadores
7	Sincronización multijugador
8	Mecánicas principales
9	Sistema de puntaje
10	Condición de victoria
11	Pantalla de resultados
12	Perfil y progreso del jugador
13	Música y sonidos del juego
14	Retroalimentación visual y auditiva
15	Tablas de clasificación
16	Creación de tutorial

Tabla 4.1: Product Backlog del proyecto lista priorizada

5. Diseño

En esta sección se llevará a cabo el rediseño de Odonto-Match, comenzando por la digitalización de sus reglas físicas, la automatización de tareas, la integración de nuevas funcionalidades, para finalmente detallar los requerimientos técnicos en un documento de diseño.

5.1. Transición al formato digital

Para este apartado es necesario identificar qué funcionalidades ahora serán automatizadas por el sistema y ya no por un facilitador humano o agente externo. Utilizando las reglas del juego físico OdontoMatch indicadas en el 2, como base para el proceso de digitalización.

Inicio del juego. Al iniciar la partida, el sistema se encargará de barajar y colocar las cartas boca abajo, formando una cuadrícula. Además, se mostrarán los 5 tableros durante todo el transcurso de la partida. En la versión física, uno de los jugadores era el encargado de barajar e ir colocando las cartas boca abajo y de colocar los tableros en sus posiciones.

Turno del jugador y puntos obtenidos. El sistema gestiona el turno al jugador correspondiente, este puede seleccionar cartas haciendo clic, cuando seleccione 2 cartas, el sistema verificará si ambas cartas forman un par. En caso de formar el par, el sistema le otorgará un punto, ya que es el encargado de actualizar y mostrar el puntaje durante la partida; en caso contrario, las cartas son colocadas boca abajo y se cambia el turno. En el formato físico, los jugadores eran los encargados de controlar los turnos del juego, de verificar si formaron un par y de llevar la cuenta de los puntos obtenidos.

Tablero de clasificación. Si algún jugador formó un par, el sistema le permitirá mover esas cartas hacia alguno de los tableros y verificará si las cartas corresponden al espacio del tablero seleccionado. En caso de corresponder, el sistema actualiza los puntos, de lo contrario, las cartas vuelven a la zona común, terminando el turno. Además, si algún jugador intentó unir cartas trampa al tablero, el sistema lo rechazará y las cartas serán devueltas a la zona común, ya que estas cartas únicamente se pueden unir al tablero de trampa. En el juego físico, los jugadores después de formar un par e intentar unir las cartas al tablero, necesitan corroborar si su acción es correcta mediante sus conocimientos o por algún facilitador humano.

Pregunta de refuerzo. Cada vez que un jugador logra colocar el tercer o quinto par de cartas en un tablero, el sistema activará un evento de pregunta para ambos jugadores; estos deberán contestar una pregunta relacionada al diente del tablero con un tiempo límite. Se trata de una pregunta tipo Pasapalabra en la que tendrán una o varias letras de pista y deberán completarla. El sistema actualizará el puntaje del primer jugador que logre contestar la pregunta correctamente. En el juego físico, la pregunta era solamente para el jugador que había conseguido colocar el tercer o quinto par en el tablero; la pregunta era mediante una carta y este necesitaría algún docente o facilitador que supiera validar la respuesta.

Final del juego. El sistema identificará cuando se hayan colocado todos los pares de cartas y contestado la última pregunta de refuerzo, calculando los puntos y determinando al ganador. En el juego físico, estas acciones eran realizadas por los mismos jugadores.

Reglas digitalizadas. Como parte del proceso de digitalización, las reglas del juego físico fueron adaptadas al entorno digital, definiendo el comportamiento del sistema y la interacción del jugador. El detalle de las reglas se presenta en Anexo B.1.

5.2. Nuevas funcionalidades del sistema

La digitalización no es únicamente trasladar sus reglas al formato digital, sino aprovechar las ventajas del nuevo entorno, incorporando nuevas funcionalidades para mejorar la experiencia, como también el seguimiento de su desempeño.

Entre las mejoras que se incluyen es el agregar un registro de usuario, permitiendo almacenar datos sobre el rendimiento y progreso de los jugadores. Además, se ha decidido integrar elementos para aumentar el nivel de compromiso del estudiante,

como sistema de puntuación, tablas de clasificación y retroalimentación, revisado en el estado del arte.

5.2.1. Nuevas funcionalidades

Registro e inicio de sesión: Permite a los usuarios registrarse mediante correo electrónico, nombre de usuario, contraseña, y acceder al sistema mediante una autenticación de seguridad. Con el objetivo de asociar datos del progreso al jugador, como: cantidad de partidas jugadas, porcentaje de victorias, fecha de acceso y tiempo jugado.

Recuperación de cuenta: Permite a los usuarios recuperar datos de su cuenta, como nombre de usuario o contraseña, mediante un enlace enviado al correo. Con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario.

Modo multijugador: Permite a los usuarios la creación de partidas multijugador en tiempo real entre 2 jugadores, los usuarios podrán crear salas únicas o unirse a mediante un código. Con el objetivo de replicar la jugabilidad del juego físico.

Panel de administración: Panel exclusivo para el rol administrativo, le permite monitorear las estadísticas de los usuarios registrados. Con el objetivo de visualizar el desempeño de los usuarios. Los datos que se podrán visualizar son: Partidas jugadas, porcentaje de victorias, tiempo de juego y puntos de progreso.

Sistema de progreso: Permite a los jugadores acumular puntos al jugar y ganar partidas, estos se guardaran en el perfil del usuario. Con el objetivo de motivar a los jugadores visualizando su progreso.

Tabla de clasificación: El sistema enlista a los jugadores, según sus puntos de progreso, y estarán visibles para todos los jugadores. Con el objetivo de motivar y fomentar la competitividad.

Historial de partidas: Permite registrar un historial de partidas jugadas para cada usuario. Con el objetivo de que el jugador pueda visualizar datos de sus partidas jugadas, como tiempo, resultado (victoria o derrota) y puntuación obtenida.

Gestión de perfil de usuario: Permite al jugador editar datos de su perfil, como nombre de usuario, contraseña y selección de un avatar prediseñado. Este avatar se verá en el perfil del jugador y durante las partidas.

El diseño detallado de OdontoMatch fue documentado en un Documento de Diseño, en el cual se incluyen las mecánicas, flujos y diseño de pantallas. Este documento se presenta en el Anexo C.

5.3. Diseño de experimentos

Para evaluar la efectividad de OdontoMatch como herramienta educativa complementaria a las clases de morfología dentaria, se utilizará un diseño cuasi-experimental pre–post test sin grupo de control, que incluyen tanto la facilidad de uso de la aplicación mediante un cuestionario estandarizado de usabilidad, como también realizar una comparación del rendimiento antes y después del uso de la aplicación, en parte, esta iniciativa es por prácticas observadas en los estudios del estado del arte.

5.3.1. Participantes

Para la realización de las pruebas, se espera tener una muestra entre 10 a 20 estudiantes que participen de manera voluntaria y se les pedirá participar en una sesión de juego. Antes de comenzar la actividad, se les explicará los objetivos del estudio y se garantizará el carácter anónimo de las respuestas.

5.3.2. Instrumentos

Los instrumentos de evaluación utilizados se presentan en el siguiente Anexo D.

a) Prueba de conocimiento (pre–post test)

Las evaluaciones están compuestas por 7 preguntas de opción múltiple. Estas están organizadas en dos categorías alineadas con las mecánicas del juego:

- Asociación imagen diente, identificar un diente específico por una imagen.
- Identificación de estructuras, identificar estructuras mediante imágenes con zonas señaladas.

El pretest permitirá establecer el nivel inicial; el postest medirá cambios después del uso del juego. Con el fin de evitar un sesgo en los resultados se utilizaron preguntas distintas en ambas evaluaciones, pero de igual complejidad.

b) Cuestionario de Usabilidad (CSUQ)

Se aplicará el cuestionario estandarizado CSUQ al finalizar la sesión. El Computer System Usability Questionnaire (CSUQ) es un instrumento estandarizado utilizado para evaluar la usabilidad en interfaces interactivas usando la escala Likert de 1 a 7. Este instrumento fue adaptado y se les aplicará a los participantes una vez finalizada la sesión de juego, lo que permitirá evaluar:

- Facilidad de uso,
- Claridad y eficiencia del sistema,
- Satisfacción general con la interfaz.

5.3.3. Pasos para los experimentos

1. Reunión inicial con los estudiantes, presentación del estudio y firma de consentimiento informado.
2. Aplicación del pretest.
3. Sesión de juego con OdontoMatch.
4. Registro de métricas internas del juego.
5. Aplicación del postest al finalizar el juego.
6. Aplicación del cuestionario CSUQ de forma anónima.

6. Implementación

El desarrollo del proyecto se realizó siguiendo la metodología Scrum previamente descrita en la sección Marco Metodológico, y se incluyó la aplicación de las pruebas con usuarios, tanto de pruebas de testeo, pruebas de conocimiento y de usabilidad.

6.1. Desarrollo de Sprints

Durante esta etapa, se trabajó en Sprint de 2 semanas cada uno, organizados mediante un backlog y gestionado en Trello. A continuación se presenta el detalle de cada sprint.

Sprint 1: Arquitectura y navegación por pantallas

La Tabla 6.1 presenta las tareas planificadas y desarrolladas durante el primer sprint.

Sprint 1: Estructura base y navegación	
#	**Épicas**
1	Estructura y navegación de pantallas
2	Gestión de usuario
3	Prueba local de mecánica de pares
4	Arte provisional e implementación

Tabla 6.1: Épicas del sprint 1

Dentro de este primer sprint se establece la estructura inicial de carpetas tanto para el frontend como para el backend, siguiendo una arquitectura que facilitará

la escalabilidad. Además, se configuró la conexión con Firebase, para hacer uso de Firestore encargado del almacenamiento de datos y Auth para la autenticación de usuarios.

Se elaboró la navegación por pantallas de inicio, principal, perfil de usuario y match, mediante una navegación básica utilizando React. Para la pantalla de inicio se elaboró un mockup en Illustrator y posteriormente se implementó dentro de la primera versión del juego. De forma paralela se implementó el sistema de gestión de usuario, permitiendo el registro e inicio de sesión, almacenando los usuarios en Firestore. Además, se incorporaron otras funcionalidades como la recuperación de la contraseña y mostrar los mensajes de errores pertinentes, contraseña incorrecta, usuario inexistente, campos vacíos. Finalmente, como base para el siguiente sprint se implementó una versión local y minimizada del memorice utilizando 5 pares de cartas etiquetadas como A, B, C, D, E, como base para la integración del sistema multijugador.

Sprint 2: Gestión de salas y sincronización multijugador

La Tabla 6.2 resume las épicas abordadas durante este sprint.

Sprint 2: Sistema multijugador	
#	**Épicas**
4	Creación de salas
5	Gestión de salas y flujo de conexión de jugadores
6	Sincronización multijugador

Tabla 6.2: Épicas del sprint 2

Durante este sprint se trabajó en las principales funcionalidades para habilitar el modo multijugador, permitiendo la creación de salas únicas, el ingreso mediante código y poder seleccionar la modalidad de juego (rápida, normal o larga), añadiendo la validación de errores como códigos inválidos, inexistentes o salas llenas, y guardando la sala creada en una colección dentro de Firestore para obtener un registro de los datos de la partida. También se añadió la visualización en tiempo real de los jugadores conectados dentro de una sala, asignando de forma automática un sistema de roles (host para el jugador creador de la sala y rol de invitado para el jugador

que se une mediante el código) y la habilitación del botón "iniciar partida" exclusiva para el host. En cuanto al diseño de la pantalla principal, se trabajó en un mockup en Illustrator, en donde se añadieron elementos propuestos del GDD (creación de salas, navegación entre pantallas y tabla de clasificación).

Finalmente, se modificó el memorice trabajado del sprint 1 para adaptarlo a un formato multijugador, coordinando el estado de la partida y asegurando que ambos jugadores puedan realizar un movimiento de forma sincronizada.

Sprint 3: Mécanicas Principales

La Tabla 6.3 muestra las épicas asociadas al desarrollo de las mecánicas principales del juego.

Sprint 3: Mecánicas y lógica del juego	
#	**Épicas**
7	Mecánicas principales
8	Sistema de puntaje
9	Condición de victoria
10	Pantalla de resultados
11	Perfil y progreso del jugador

Tabla 6.3: Épicas del sprint 3

Este sprint se centró en implementar las mecánicas principales del juego, como el sistema de puntos, la clasificación a los tableros, la pregunta de refuerzo y condiciones de victoria y derrota. Utilizando la mecánica del memorice ya implementada en el sprint anterior se añadió la suma de puntos al formar un par, y se desarrolló la zona común para guardar los pares formados, permitiendo su visualización para ambos jugadores y el arrastre de dichas cartas a los tableros correspondientes.

Se avanzó en la lógica de los tableros de clasificación: colocar pares formados en zonas válidas, sumar los puntos obtenidos, actualizar la vista de cada tablero y detectar cuando un tablero completa el tercer y quinto par para activar la pregunta de refuerzo. Se agregaron los mensajes de victoria o derrota dentro de una partida, en el momento en que se completen todos los tableros, decidiendo al ganador por el puntaje más alto.

Finalmente, se creó un mockup de la interfaz de juego, ordenando todos los elementos en pantalla (tablero de cartas, zona común, tableros de clasificación, información de los jugadores y tiempo de turno), para que se vea organizado y cómodo a la vista.

Uno de los problemas que surgieron durante el sprint 3, fue la implementación del arrastre de los pares formados a los tableros de clasificación, lo que dificulto esta tarea fue lograr una fluidez sincronizada del arrastre para ambos jugadores. Esta tarea tomó más tiempo del esperado y, aun así, no se consiguió un arrastre esperado, este se encontraba desincronizado para el jugador rival. Por lo que durante este sprint no se terminó de implementar la mecánica de pregunta de refuerzo.

Sprint 4: Cierre

La Tabla 6.4 presenta las épicas correspondientes a la etapa de cierre funcional de OdontoMatch.

Sprint 4: Cierre funcional del juego	
#	**Épicas**
12	Música y sonidos del juego
13	Retroalimentación visual y auditiva
14	Tablas de clasificación
15	Creación de tutorial

Tabla 6.4: Épicas del sprint 4

Durante el Sprint 4 se completaron varias funcionalidades clave y se realizaron mejoras en la experiencia del usuario. En primer lugar, se finalizó la mecánica pregunta de refuerzo, permitiendo que el sistema active la pregunta para ambos jugadores, siguiendo la dinámica de pasapalabra mostrando la respuesta en espacios vacíos con letras de pistas, agregando un tiempo límite para contestar y registrando el puntaje al jugador que haya contestado primero. La pregunta seleccionada se obtiene de una lista de preguntas de forma aleatoria y para evitar que una pregunta se repita durante la partida, esta es agregada a una lista de historial que es revisada antes de seleccionar alguna nueva pregunta.

Siguiendo con la interfaz de juego, se utilizó el mockup definido en el sprint anterior como guía para organizar los elementos en pantalla. Además, se reempla-

zaron todos los placeholder de cartas y tableros utilizados en Sprint anteriores por el diseño final basado en imágenes de características de piezas dentales (caras, acceso endodóntico, morfología y edad de erupción) acercando el prototipo al aspecto definitivo del juego.

Finalizando este sprint, se añadieron nuevas funcionalidades, como la tabla de clasificación, la cual se obtiene accediendo a la colección de Firestore, revisando a los 10 usuario con mayor puntuación acumulada y se trabajó en la pantalla de perfil de usuario, dando acceso a la visualización de las principales estadísticas del usuario, tales como número de victorias, derrotas, partidas totales y puntuación total acumulada. Se habilitó la opción de editar los datos del usuario, permitiendo modificar nombre de usuario, correo electrónico o contraseña. También se implementó un historial de partida mostrando la información de las últimas 5 partidas jugadas, la duración del juego, el resultado obtenido, el nombre del rival y la fecha correspondiente.

6.2. Ajustes finales

Durante esta fase se mejoró el diseño general de la interfaz, sobre todo en el diseño de las pantallas de juego, buscando volverlas más atractivas, e integrando efectos de sonido para reforzar la retroalimentación al jugador, tanto para cuando realiza un acierto o comete un error. Se incorporaron avatares personalizados para los usuarios y se añadieron indicadores de desempeño por partida. En la Figura 6.1se puede visualizar la versión final de la interfaz de juego, después de integrar los ajustes mencionados. Estas mejoras estaban contempladas dentro del Sprint 4, pero debido a la priorización de la mecánica de preguntas de refuerzo, fueron implementadas posteriormente como un ciclo de ajustes finales.

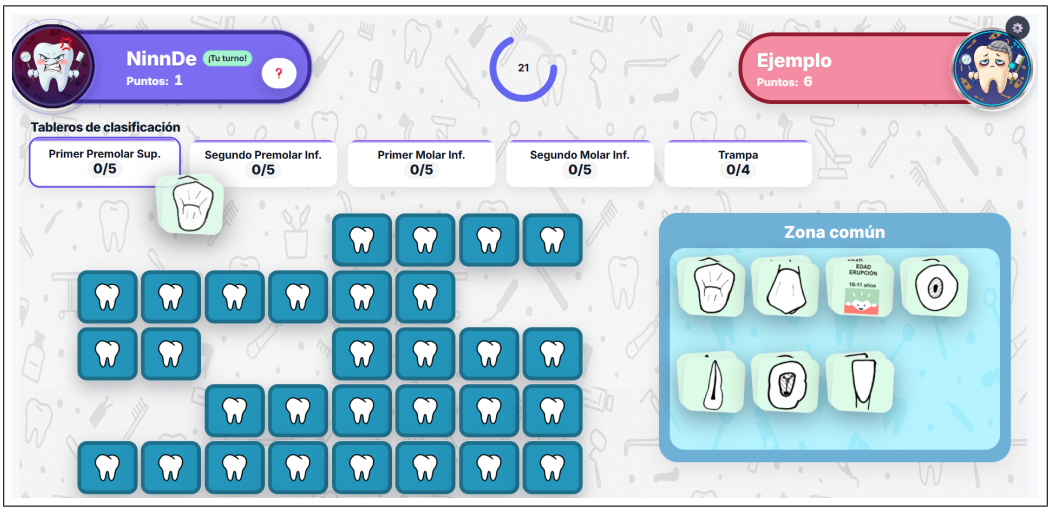


Figura 6.1: Interfaz de juego

6.3. Fase de Testeo con usuarios

Una vez finalizado los sprint con el desarrollo de un prototipo funcional, se organizó una fase de pruebas con usuarios, estudiantes de segundo año de odontología, cuyo objetivo fue evaluar el funcionamiento general del juego, observando errores, tiempos de partida promedio, la comprensión de las reglas y la facilidad de uso de la aplicación.

6.3.1. Usuarios participantes

Los usuarios participantes en la sesión de pruebas fueron 3 estudiantes de segundo año de la carrera de Odontología, quienes corresponden con el público objetivo de OdontoMatch. La participación fue de manera voluntaria, y tuvo como finalidad identificar oportunidades de mejora con relación a las mecánicas, comprensión de las reglas y el funcionamiento general de la aplicación.

6.3.2. Desarrollo de la sesión de juego

En primera instancia, con el objetivo de probar el juego de manera online, el sistema fue alojado en 2 servidores gratuitos, Render para el backend y Vercel para el frontend, permitiendo evaluar el prototipo en un entorno real de uso, accediendo

al mismo mediante una URL pública. La prueba del prototipo junto con la profesora guía, permitió observar fallas en la sincronización del arrastre de las cartas, la ausencia de retroalimentación visual en las jugadas del rival al completar un tablero y algunos errores de lógica dentro del juego. Durante esa semana se realizaron los cambios necesarios para entregar una versión más estable para la prueba con usuarios.

Una vez finalizada las mejoras del prototipo, con el apoyo del profesor Carlo Larrucea se organizó una sesión de pruebas con estudiantes. Durante la sesión, los estudiantes interactuaron con el videojuego, observando un promedio de partidas rápidas de entre 15 y 20 minutos, los cuales se adaptaron rápidamente a las reglas del juego. Luego de finalizada la partida de los jugadores, se sostuvo una conversación para obtener sus apreciaciones, qué elementos fueron de su agrado, o cuales generaron confusión. En general los alumnos señalaron que la aplicación era un buen elemento para recordar contenido de morfología.

A partir de la retroalimentación obtenida, se identificaron oportunidades de mejora. Entre las principales fue la dificultad de formar pares, que se atribuía a la cantidad de cartas y de su proximidad entre ellas, la ausencia de un indicador claro para el turno del jugador, y la presencia de cartas muy similares, con un texto muy pequeño lo que dificulta su legibilidad, entre ellas la carta “edad de erupción”, que mostraba una misma visual para todas las cartas, y como único diferenciador un texto de edad. Además, se encontraron errores en algunas preguntas de refuerzo, estos siguen una dinámica pasapalabra en donde la representación visual de espacios se agrupaba de forma incorrecta 2 palabras distintas como una única, lo que generaba confusión en los jugadores. Estas observaciones fueron consideradas para realizar los ajustes necesarios antes de la etapa final de experimentación. El funcionamiento del juego y las mecánicas descritas pueden observarse a través de un video de gameplay en el Anexo E.

6.4. Resultados

Dentro de esta etapa se aplicó la encuesta de usabilidad a un grupo de docentes de la facultad de odontología de la Universidad de Talca, y la aplicación de las pruebas de conocimientos y cuestionarios de usabilidad a estudiantes y profesionales del área odontológica, tanto en forma presencial como en línea.

Los resultados obtenidos de los cuestionarios de usabilidad se presentan en la siguiente Tabla 6.5, la cual detalla el promedio obtenido por cada pregunta, considerando una escala máxima de 7. Los altos puntajes obtenidos en los cuestionarios de usabilidad indican que los participantes percibieron la interfaz como clara y fácil de utilizar, lo que puede favorecer una interacción más fluida con el videojuego y que el usuario pueda centrar su atención a los contenidos del mismo.

Por otro parte la Tabla 6.6 muestra los puntajes obtenidos en las pruebas de conocimientos que fueron aplicadas antes y después de la sesión de juego. Se observa un puntaje en promedio más alto en aquellos usuarios que realizaron el post test en comparación con el pre test. Aunque, se tiene que señalar que los resultados corresponden a una muestra pequeña, y si bien no todos los participantes presentan una mejora, los datos si muestran una tendencia positiva en el desempeño, lo que sugiere que existe una mejora en el desempeño de los participantes después de interactuar con la aplicación.

#	**Cuestionario de Usabilidad**	**Promedio**
1	Facilidad general de uso de OdontoMatch	6.60
2	Facilidad de navegación por la aplicación	6.80
3	Fluidez en la ejecución de las actividades	6.53
4	Comodidad al utilizar la aplicación	6.93
5	Facilidad de aprendizaje inicial	6.80
6	Rapidez para familiarizarse con el funcionamiento	6.87
7	Claridad de los mensajes de error del sistema	6.33
8	Capacidad de continuar tras una dificultad	6.60
9	Claridad de la información entregada por la aplicación	6.40
10	Adecuación de las funcionalidades para la actividad	6.87
11	Organización y coherencia del contenido	6.73
12	Agradabilidad de la interfaz gráfica	6.73
13	Satisfacción general con la experiencia de uso	6.87

Tabla 6.5: Resultados de los cuestionario en términos de facilidad y uso práctico

Un posible factor que explica el aumento en el promedio del post test es la naturaleza del contenido abordado por OdontoMatch, que se centra en la identificación de piezas dentales y el reconocimiento de características morfológicas, lo cual coincide

con los contenidos evaluados en las pruebas de conocimiento.

Durante la sesión de juego, los estudiantes debieron asociar imágenes, características y nombres, como también responder preguntas al completar los tableros, lo que pudo facilitar la consolidación de estos conceptos, y asociar las situaciones planteadas del videojuego y las preguntas formuladas en el post test, mostrando un mejor desempeño.

Participante	**Pre test (7)**	**Post test (7)**
P1	7	7
P2	5	7
P3	6	6
P4	6	6
P5	4	6
P6	7	7
P7	6	7
P8	7	6
P9	6	7
P10	6	7
P11	7	6
P12	6	7
P13	6	6
P14	5	6
Promedio	**6.00**	**6.50**

Tabla 6.6: Resultados de pruebas de conocimientos sobre morfología dentaria

6.4.1. Análisis docentes

En el caso de los docentes, desde su perspectiva OdontoMatch tiene un potencial como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza en morfología dentaria. Los comentarios recogidos permiten identificar una validación favorable del videojuego, debido a las distintas dinámicas que el juego maneja, formación de pares, clasificación de características del diente y preguntas sobre estructuras específicas del diente, las cuales tienen coherencia con los contenidos de la asignatura.

Si bien se observaron dificultades al entender las dinámicas del juego en un co-

mienzo, los docentes pudieron completar una partida, lo que indica que el funcionamiento general del videojuego es comprensible tras un breve uso. Por lo tanto, las dificultades encontradas en un inicio se pueden interpretar como que el proceso de familiarización inicial podría requerir mejoras, ya sea mediante mensajes durante las partidas o tutoriales más explícitos.

6.4.2. Análisis estudiantes y profesionales de odontología

Posterior a la validación inicial realizada por los docentes, el videojuego OdontoMatch fue probado por estudiantes y profesionales del área odontológica y, a diferencia de los observado en la etapa con docentes, los estudiantes pudieron interactuar con el videojuego sin dificultades en el entendimiento de las reglas, esta familiarización temprana puede explicarse por el perfil digital de los participantes.

Los comentarios recibidos durante esta etapa evidencian una alta valoración de la utilidad del videojuego. Algunos participantes incluso señalaron que les habría resultado útil contar con este tipo de recursos con anterioridad para recordar contenido. Estas percepciones sugieren que el uso del videojuego pudo influir positivamente en la disposición de los estudiantes para rendir el post test. No obstante, se recogieron observaciones sobre el diseño visual, y algunos participantes señalaron que ciertas cartas no eran del todo claras en su representación grafica. Este factor podría dificultar la asociación correcta de ciertas cartas, afectando con las mecánicas del juego y, en casos puntuales, afectando el desempeño del post test.

6.4.3. Análisis general

En conjunto, los resultados obtenidos permiten identificar una valoración positiva de OdontoMatch desde distintos perfiles de usuario. Los docentes destacaron las distintas dinámicas del videojuego y su potencial como herramienta de apoyo en el aprendizaje, mientras que los estudiantes y profesionales del área odontológica confirmaron su utilidad práctica.

7. Conclusión y trabajo futuro

El presente documento tuvo como objetivo el desarrollo e implementación de OdontoMatch, un videojuego educativo multijugador, mediante la digitalización de su versión física, la cual sigue un modelo de ludificación basado en la memoria visual y la observación.

Para lograrlo, se abordaron los objetivos planteados al inicio de la memoria. En primera instancia, se diseñó una interfaz gráfica interactiva e intuitiva que fue evaluada de forma positiva mediante los cuestionarios de usabilidad. En segunda instancia, se implementaron las mecánicas y reglas del juego físico a su versión digital, permitiendo su uso en un entorno multijugador. Asimismo, se realizaron pruebas de usabilidad mediante encuestas con escala Likert, utilizando cuestionarios estandarizados. Finalmente, se evaluó el impacto del videojuego en el aprendizaje mediante pre y post test, observando una mejora en el promedio alcanzado por los estudiantes después de interactuar con el videojuego.

En cuanto a la pregunta de investigación planteada al inicio de este trabajo, se puede afirmar que la digitalización del juego OdontoMatch contribuye de forma positiva al aprendizaje de contenidos asociados a la morfología dentaria. La mejora observada en el desempeño de las pruebas, junto con los comentarios recibidos por parte de los usuarios, también nos señalan una recepción positiva, mostrando no solo un impacto en el desempeño, sino también una valoración positiva en términos de utilidad como apoyo en el aprendizaje. De este modo el objetivo general del proyecto fue cumplido, ya que se logró desarrollar e implementar una versión digital del juego, evidenciando su potencial como herramienta complementaria.

En términos de impacto, el desarrollo de OdontoMatch contribuye en la digitalización de recursos educativos previamente existentes, ampliando sus posibilidades

de uso tanto dentro como fuera del aula de clases. Asimismo, el proyecto evidencia el potencial de los videojuegos educativos como herramientas útiles en el apoyo al aprendizaje.

Como trabajo futuro, se propone ampliar la muestra de participantes, y realizar un experimento comparativo con 2 grupos; un grupo experimental que utilice la aplicación OdontoMatch y otro que repase contenido, lo que permitiría analizar en profundidad el impacto de OdontoMatch en el aprendizaje. De igual manera, se considera mejorar el diseño visual de las cartas, atendiendo a las observaciones de los estudiantes sobre la falta de claridad en algunos elementos graficos. Por último, explorar una posibilidad de adaptar la aplicación a distintas plataformas como a dispositivos móviles, con el fin de ampliar su accesibilidad y alcance.

Bibliografía

[1] R. A. Eid, K. Ewan, J. Foley, Y. Oweis, and J. Jayasinghe. Self-directed study and carving tooth models for learning tooth morphology: Perceptions of students at the university of aberdeen, scotland. *Journal of Dental Education*, 77:1147–1153, 2013.

[2] A. M. Al-Thobity, I. Farooq, and S. Q. Khan. Effect of software facilitated teaching on final grades of dental students in a dental morphology course. *Saudi Medical Journal*, 38:192–195, 2017.

[3] Diana G. Oblinger. Is it age or it? first steps toward understanding the net generation. In Diana G. Oblinger and James L. Oblinger, editors, *Educating the Net Generation*. EDUCAUSE, 2005.

[4] M. P. Maggio, K. Hariton-Gross, and J. Gluch. The use of independent, interactive media for education in dental morphology. *Journal of Dental Education*, 76:1497–1511, 2012.

[5] Fernando Fernández-Gómez, Maria Cosin-Villanueva, Pedro Almiñana-Pastor, and Andrés López-Roldán. A comparative analysis of game-based learning and conventional learning in dental education. *Journal of Dental Education*, 89:414–420, 2025.

[6] Rafat S. Amer, Gerald E. Denehy, Deborah S. Cobb, Deborah V. Dawson, Marsha A. Cunningham-Ford, and Cathia Bergeron. Development and evaluation of an interactive dental video game to teach dentin bonding. *Journal of Dental Education*, 75(6):823–831, 2011.

[7] Waranun Buajeeb, Jirachaya Chokpipatkun, Napas Achalanan, Nawaphat Kriwattanawong, and Kawin Sipiyaruk. The development of an online serious game for oral

diagnosis and treatment planning: evaluation of knowledge acquisition and retention. *BMC Medical Education*, 23(830), 2023.

[8] Firas Layth Khaleel, Noraidah Sahari Ashaari, and Tengku Siti Meriam Tengku Wook. The impact of gamification on students learning engagement. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 10(5):4965–4972, 2020.

[9] Khairul Yusri Zamri and Han Keong Tan. Evaluating educational game via user experience (ux) and user interface (ui) elements. *EDUCATUM Journal of Social Sciences*, 8(Special Issue):1–9, 2022.

[10] Anisa Vahed. The tooth morphology board game: An innovative strategy in tutoring dental technology learners in combating rote learning. In *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning (ECGBL)*, Barcelona, Spain, 2008.

[11] Seth Sivak, Mark Sivak, Jacqueline Isaacs, Jay Laird, and Ann McDonald. Managing the tradeoffs in the digital transformation of an educational board game to a computer-based simulation. In *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*. ASEE, 2007. Available via ResearchGate.

[12] Kyle B. Dempsey, G. Tanner Jackson, Justin F. Brunelle, Michael Rowe, and Danielle S. McNamara. Miboard: A digital game from a physical world. In *Proceedings of the Twenty-Third International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS)*, pages 498–503. Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 2010.

[13] G. Richard Scott and Marin A. Pilloud. Dental Morphology. In *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. John Wiley & Sons, 2019.

[14] Alejandro López Velasco. Manual de morfología dental: Guía práctica, 2021. Facultad de Odontología. Ciudad Universitaria, CDMX.

[15] J. C. Pinheiro, L. A. M. Silva, G. G. Silva, G. C. Gonçalves, D. R. M. F. Almeida, and R. B. Leite. A importância da anatomia dentária para a odontologia: revisão de literatura. *Revista Pró-UniverSUS*, 11(1):98–102, jan/jun 2020.

[16] Helene Lindén Overskott, Caroline Elisabet Markholm, Amer Sehic, and Qalbi Khan. Different methods of teaching and learning dental morphology. *Dentistry Journal*, 12(4):114, April 2024.

[17] Sruthi Sridhar, Abdulrahman Khamaj, and Manish Kumar Asthana. Cognitive neuroscience perspective on memory: overview and summary. *Frontiers in Human Neuroscience*, 17:1217093, 2023.

[18] Imelda Latapí Venegas. Acercamiento al aprendizaje multimedia. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria*, 6(6):7–14, 2007.

[19] Alfredo Campos and María Ángeles González. Importancia de las imágenes mentales en el pensamiento. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*, 9(2):113–119, 2017.

[20] George Sperling. Working memory. In Lynn Nadel, editor, *Encyclopedia of Cognitive Science*, pages 500–505. Nature Publishing Group, 2003.

[21] Laura María Iñiguez Alfaya. Prueba de memoria haciendo referencia al modelo multialmacén de atkinson y shiffrin. *Publicaciones Didácticas*, (70):362–366, 2016.

[22] Dale H. Schunk, Paul R. Pintrich, and Judith L. Meece. *Motivation in Education: Theory, Research, and Applications*. Pearson, Boston, MA, 4 edition, 2014.

[23] Juliana Beatriz Stover, Flavia Eugenia Bruno, Fabiana Edith Uriel, and Mercedes Fernández Liporace. Teoría de la autodeterminación: una revisión teórica. *Perspectivas en Psicología*, 14(2):105–115, 2017.

[24] Marzieh Somi. User interface development of a modern web application. Master's thesis, Politecnico di Torino, 2021.

[25] Mattias Levlin. Dom benchmark comparison of the front-end javascript frameworks react, angular, vue, and svelte. Master's thesis, Åbo Akademi University, 2020.

[26] Node.js Contributors. *Node.js Documentation*. Node.js Foundation, 2024. Available at: `https://nodejs.org/docs/latest/api/documentation.html`, Accessed: 10-june-2025.

[27] P. Teixeira. *Hands-on Node.js*. Lean Publishing, 2013.

[28] Nimesh Chhetri. A comparative analysis of node.js (server-side javascript). Master's thesis, St. Cloud State University, 2006.

[29] Socket.IO Contributors. Socket.io documentation v4. `https://socket.io/docs/v4/`, 2024. Accessed: 2025-06-11.

[30] Socket.IO Contributors. Emitting events: Socket.io documentation v4. `https://socket.io/docs/v4/emitting-events/#Emittingevents`, 2024. Accessed: 2025-06-11.

[31] Socket.IO Contributors. Rooms: Socket.io documentation v4. `https://socket.io/docs/v4/rooms/`, 2024. Accessed: 2025-06-11.

[32] Mai Hoang Bich Tram. Firebase. Master's thesis, Centria University of Applied Sciences, 2019.

[33] Laurence Moroney. *The Definitive Guide to Firebase*. Washington, USA, 2017.

[34] Oiver Andrés Pérez A. Cuatro enfoques metodológicos para el desarrollo de software: Rup – msf – xp – scrum. *Inventum*, 10:64–78, 2011.

[35] Edwin Bautista-Villegas. Metodologías ágiles xp y scrum, empleadas para el desarrollo de páginas web, bajo mvc, con lenguaje php y framework laravel. *Revista Amazonía Digital*, 1(1):e168, 2022.

[36] Natalia G. Caso. Scrum development process. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, September 2004.

[37] Nancy Jhanina Merchán-Narváez, Elena Elizabeth Palma-Peralta, and Diana Ximena Poma-Japón. Comparación de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 8(1):5052–5074, 2024.

[38] Duolingo. Duolingo - aprende idiomas gratis. `https://www.duolingo.com`, 2025. Accessed: 2025-06-24.

...

A. Apéndice: Metodologías y planificación del proyecto

A.1. Revisión de metodologías ágiles

Para tener un contexto, las metodologías ágiles nacen como respuesta a la rigidez de las metodologías tradicionales. Debido a que el desarrollo de software, es un proceso que está sujeto a cambios, estos pueden deberse a requerimientos del cliente como al avance de nuevas tecnologías. A continuación se presentarán 3 metodologías ágiles consideradas para utilizar durante el desarrollo del proyecto.

1. Scrum: Es un marco de trabajo de procesos ágiles que busca mantener un control constante sobre el avance del desarrollo. El cliente decide las prioridades y el equipo se auto organiza en ciclos cortos de trabajo llamados sprints, para determinar la mejor forma de entregar resultados. El objetivo es que el cliente pueda seguir el progreso del proyecto y vaya ajustando cambios sobre la marcha [34].

2. Extreme Programming-XP: Llamada así por el proceso de tomar la mejor práctica y llevarla al extremo [35], es una metodología enfocada principalmente en aspectos técnicos, utilizando la programación en parejas y pruebas automatizadas, asegurando la calidad en el código [36]. Muestra principios de desarrollo incremental, con la participación del cliente mediante revisiones frecuentes, con un enfoque hacia las personas por sobre los procesos, y estar abierto a cambios manteniendo la simplicidad [34].

3. Kanban: Es un método visual para la gestión de proyectos implementados mediante tableros Kanban. Estos permiten al equipo observar el flujo y la carga

de trabajo, ya que están organizados en distintas columnas que indican las fases del proceso de trabajo, como: pendiente, en proceso y terminada. Las tareas son representadas mediante tarjetas y se van colocando en el tablero, y a medida que se vaya trabajando, se moverán entre columnas hasta finalizar el proyecto [37].

A.2. Carta Gantt

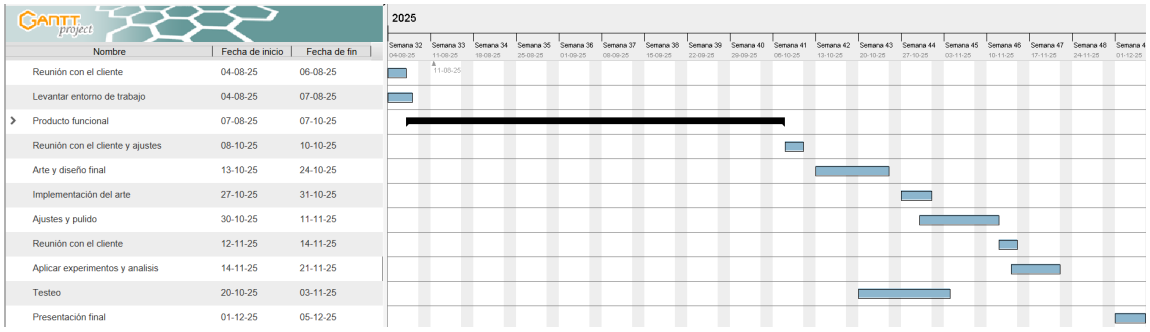


Figura A.1: Planificación en Carta Gantt

B. Apéndice: Reglas digitalizadas

B.1. Reglas digitalizadas

En este anexo se presentan las reglas del juego OdontoMatch adaptadas al formato digital.

B.1.1. Inicio de juego

1. **Sistema** Baraja las cartas del mazo.
2. **Sistema** Acomoda las cartas boca abajo en la zona de juego.
3. **Interfaz** muestra:
    - Zona de juego (Área de cartas)
    - Zona común (Área común, donde se dejan los pares de cartas)
    - Tableros de clasificación
    - Tiempo de la partida
    - Perfil de ambos jugadores
    - Puntaje de ambos jugadores
4. **Sistema** Asigna primer turno al jugador 1.

B.1.2. Turno del jugador

1. **Jugador** selecciona 2 cartas haciendo clic.
2. **Sistema** valida si se forman un par:
   - Si se forma un par:
     - **Sistema** muestra las cartas.
     - **Sistema** otorga un punto al jugador, y actualiza los puntajes.
     - **Sistema** coloca las cartas en la zona común.
     - **Sistema** permite arrastrar el par a un tablero de clasificación.
   - Si no se forma un par:
     - **Sistema** oculta las cartas después de 2 segundos.
     - **Sistema** termina el turno.

B.1.3. Clasificación del par

1. **Jugador** arrastra el par encontrado hacía un tablero.
2. **Sistema** valida si el par pertenece al tablero correcto:
   - Si el par pertenece al tablero:
     - **Sistema** otorga un punto al jugador, y actualiza los puntajes.
     - **Sistema** registra el número de pares en ese tablero.
     - **Sistema** verifica si se trata del tercer o quinto par en el tablero.
       - Si lo es: **Sistema** activa pregunta de refuerzo a ambos jugadores.
       - Si no lo es: **Sistema** identifica si hay un par en la zona común.
         - Si quedan cartas en la zona común: **Sistema** permite arrastrar el par, a un tablero de clasificación.
         - Si no quedan cartas en la zona común: **Sistema** termina el turno.
   - Si el par no pertenece al tablero:
     - **Sistema** devuelve las cartas a la zona común.
     - **Sistema** termina el turno.

B.1.4. Pregunta de refuerzo

1. **Sistema** muestra pregunta de refuerzo con una letra de pista (Pasapalabra).
2. **Sistema** establece 15 segundos para responder la pregunta.
3. **Ambos jugadores** pueden responder, con input al teclado
4. **Sistema** valida la respuesta:
   - Si acierta: El sistema otorga un punto.
   - Si falla: El sistema no asigna ningún punto.
5. **Sistema** termina el turno.

B.1.5. Fin del juego.

1. **Sistema** detecta que todos los tableros están completos.
2. **Sistema** espera a que termine la última pregunta de refuerzo.
3. **Sistema** calcula la puntuación total de ambos jugadores.
4. **Sistema** compara puntajes y determina al ganador.
5. **Interfaz** muestra mensaje de fin y resultados.

C. Documento de diseño de videojuego

En esta sección se detallarán los aspectos técnicos, y de diseño que estructuran el desarrollo del videojuego OdontoMatch.

C.0.1. Aspectos generales

1. **Género:** Videojuego educativo, multijugador, basado en cartas.
2. **Plataforma:** Web.
3. **Público objetivo:** Estudiantes de segundo año de odontología.
4. **Objetivo del proyecto:** Reforzar conocimientos sobre morfología dentaria, a través de la identificación y clasificación de piezas dentales.

C.0.2. Concepto

Odonto-Match es un videojuego educativo multijugador pensado para estudiantes de odontología, su propósito es reforzar los contenidos sobre morfología dentaria. A través de una dinámica lúdica e interactiva.

C.0.3. Jugabilidad y mecánicas

1. **Mecánicas principales:**

   - **Formación de pares:** En el área de juego, se muestran cartas boca abajo con imágenes de caras de dientes o conceptos relacionados con odontología. Cada jugador deberá voltear dos cartas por turno para intentar formar un par Si las cartas coinciden, el jugador recibe puntos y debe colocar el par en la zona común.
   - **Asignación al tablero:** Después de colocar el par en la zona común. Ese jugador puede asignar ese par a uno de los tableros. Si el par coincide recibe puntos y puede volver a tomar un par de la zona común, repitiendo está acción hasta equivocarse o hasta que no queden más cartas en la zona.
   - **Pregunta de refuerzo:** Cada vez que a un tablero se le asigne el tercer o quinto par, se activará una pregunta para ambos jugadores. La pregunta será del tipo Pasapalabra, se mostrarán unas letras como pistas y los jugadores deberán completar la palabra.
   - **Sistema de turnos:** Cada jugador puede realizar acciones durante su turno, como voltear cartas, formar pares y asignarlos al tablero si acierta. Los turnos se alternan entre jugadores.

2. **Obtención de puntos:** A continuación se presentarán las 3 formas de ganar puntos durante una partida:

   - Formar un par, ya sea de cartas normales o trampas.
   - Asignar un par al tablero correspondiente.
   - Contestar correctamente la pregunta de refuerzo.

3. **Objetivo del juego:** Obtener mayor puntuación que el rival. Al finalizar la partida, se comparan los puntajes y se designa al ganador.

4. **Fin del juego** La partida finalizará cuando todos los espacios en los tableros han sido completados (5 características por tablero). En ese momento se comparan los puntajes y se decide al ganador. Una partida está pensada para una

duración máxima de 25 minutos, pero es necesario testear para identificar el tiempo por partida óptimo.

5. **Elementos del juego**

   - **Mazo de cartas:** Contiene pares de cartas con imágenes, términos o conceptos relacionados con la odontología. las cartas trampas se incluyen dentro del mazo.
   - **Cartas trampa:** Cartas idénticas a las cartas normales, pero solo corresponden al tablero de trampa. Su objetivo es confundir al jugador.
   - **Zona de juego:** Área central donde se colocan las cartas del mazo boca abajo en forma de cuadrícula. Es el espacio donde los jugadores interactúan para buscar y formar pares.
   - **Tablero de clasificación:** Tablero de 5 espacios donde se organizan las cartas según su categoría correspondiente.
   - **Tablero de trampa:** Tablero que únicamente se utiliza para colocar las cartas trampa.
   - **Zona común:** Área común en donde se disponen las cartas emparejadas, antes de ser colocadas en los tableros.

6. **Flujo del juego:** Al iniciar el turno el jugador debe voltear 2 cartas del área de juego, Si no logra formar un par, las cartas se vuelven a ocultar y el turno termina. En cambio, si las cartas forman un par correcto, el jugador gana un punto y la pareja de cartas va a la zona común.

   El jugador por haber formado ese par lo puede clasificar en uno de los tableros, si decide no hacerlo, el turno finaliza. Si decide colocarlo, pero no corresponde en ese tablero, el turno finaliza y las cartas vuelven a la zona común. En caso de que las cartas sí correspondan, el jugador gana un punto adicional.

   Si al tablero se le ha colocado el tercer o el quinto par, se activa una pregunta de refuerzo. Ambos jugadores pueden responder y ganar puntos sin importar que quien contesto más rápido y al completar la pregunta, el turno finaliza y este ciclo continúa con el siguiente jugador. Para un mejor entendimiento se presenta la Figura C.1, donde se muestra el flujo completo del turno.

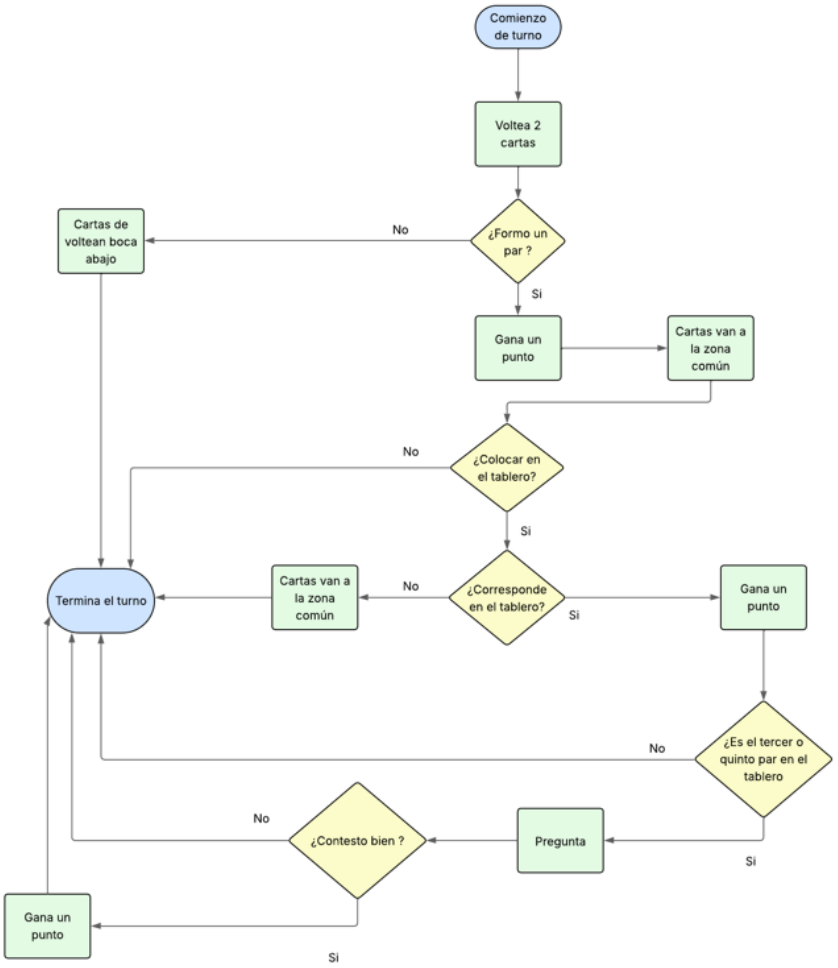


Figura C.1: Flujo de de partida

7. **Modos de juego:** Al crear una sala de juego, el jugador puede seleccionar una de estas 3 modalidades, partida rápida, intermedia o larga. Esta elección define la cantidad de rondas que se jugarán, cada ronda consta de 48 cartas, 5 tableros y 8 eventos de pregunta. (por cada tablero de clasificación hay 2 preguntas de refuerzo).

    - Partida rápida: Consta de una ronda, utilizando 1 de los mazos de cartas disponibles.
    - Partida intermedia: Consta de 2 rondas, utilizando un mazo de cartas distinto en cada ronda.

- Partida larga: Consta de 3 rondas, utilizando un mazo de cartas distinto en cada ronda.

8. **Inputs del jugador:** Los usuarios jugarán principalmente utilizando el mouse, las interacciones que pueden tener son:
   - Seleccionar cartas de la zona de juego: Clic izquierdo sobre las cartas de la zona de juego.
   - Seleccionar botones: Clic izquierdo los sobre botones de la interfaz.
   - Contestar pregunta de refuerzo: Ingreso de respuesta mediante teclado.
   - Arrastrar cartas: Mantener clic apretado sobre las cartas y arrastrarlas (para unir cartas de la zona común a los tableros).

C.0.4. Flujo de pantallas

La Figura C.2 muestra la navegación entre las distintas pantallas, desde el inicio de sesión hasta la pantalla principal, incluyendo las opciones para acceder al perfil de usuario, al tutorial, y la creación y búsqueda de salas. El panel o cuadro de ajustes, está representado con un cuadro más pequeño, debido a que no es una pantalla, es una opción que tendrán todas las pantallas del juego.

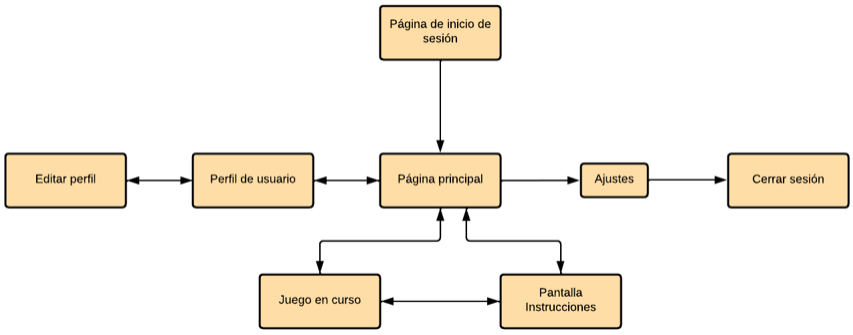


Figura C.2: Flujo de pantalla del juego Odonto-Match

C.0.5. Flujo de inicio de sesión

En la Figura C.3 se presenta el flujo del proceso de inicio de sesión. Mostrando las rutas posibles del usuario, si tiene cuenta, si ingresó con datos válidos y si la autenticación fue exitosa.

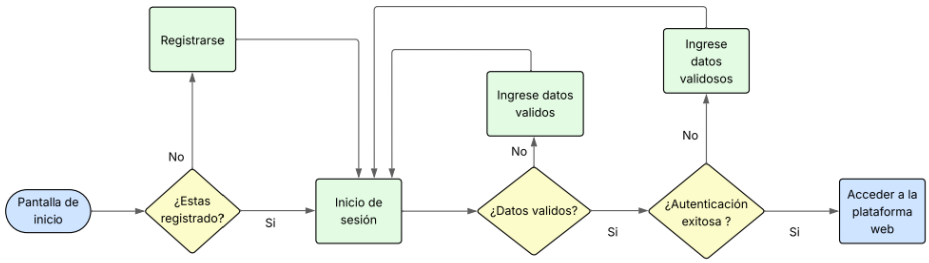


Figura C.3: Flujo de inicio de sesión

C.0.6. Diseño de pantallas:

Se presenta a continuación las pantallas de Odonto-Match, identificando cada elementos que la compone y su función.

1. **Pantalla inicio**

Figura C.4: Mockup de la pantalla de inicio de Odonto-Match

Pantalla inicial de la aplicación web, en donde los jugadores pueden registrarse e iniciar sesión, como se presenta en la FiguraC.4.

- Botón Iniciar sesión: Abre un cuadro de ingreso donde el usuario introduce usuario y contraseña.

- Botón Registrarse: Abre un cuadro de registro donde datos el usuario introduce nombre de usuario, contraseña y correo.
- Botón de volumen: permite apagar el sonido de la página.
- Enlace ¿Olvidaste tu contraseña?: Abre un cuadro que solicitará el correo electronico, y el jugador al completarlo, se le enviará un enlace a su correo para cambiar su contraseña.

2. **Pantalla principal**

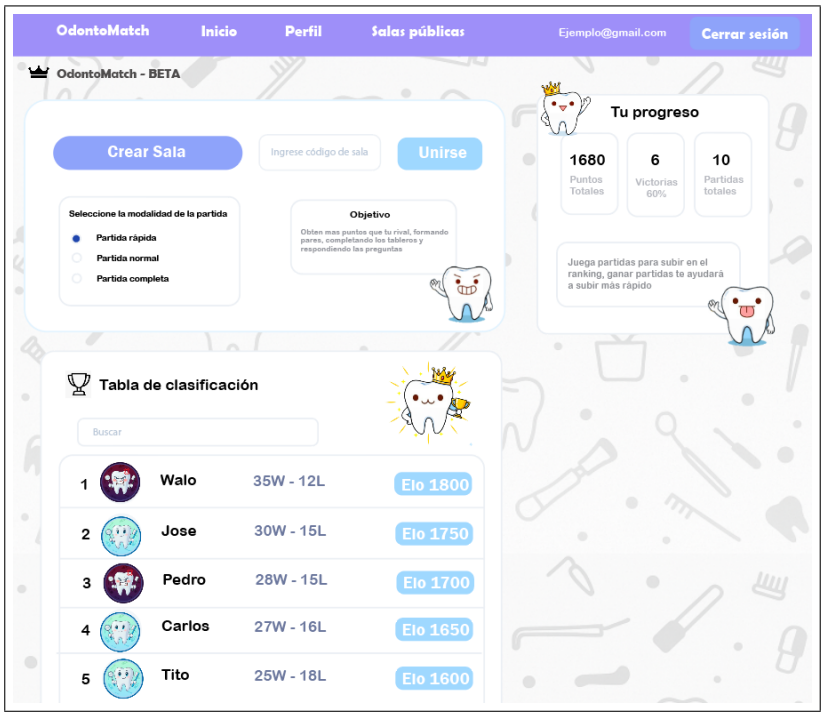


Figura C.5: Mockup de la pantalla principal

La pantalla principal o lobby, contiene los siguientes elementos titulo del juego, tabla de clasificación de los jugadores y creación de salas, tal como se muestra en la FiguraC.5. Los componentes principales son:

- Tabla de clasificación: Se mostrará a los jugadores con mayor cantidad de puntos de progreso.
- Botón para ver perfil de usuario: Permite al usuario acceder a la pantalla de perfil de usuario.

- Botón de cerrar Sesión: Permite cerrar la sesión y regresar a la pantalla de inicio.
- Panel de crear sala: Permite configurar una sala de juego o unirse a una sala existente.
  - Boton crear sala: Permite al jugador crear una nueva sala. Se genera un código único, y se accede a la sala de espera. Cuando ambos jugadores se encuentren en la sala, se habilitará el botón de jugar.
  - Modalidad de juego: Permite al jugador seleccionar una de las 3 modalidades existentes, estas definen la duración de la partida (rápida, intermedia o larga).
  - Campo de código: Permite al usuario ingresar un código de sala para unirse directamente.

3. **Pantalla perfil de usuario**

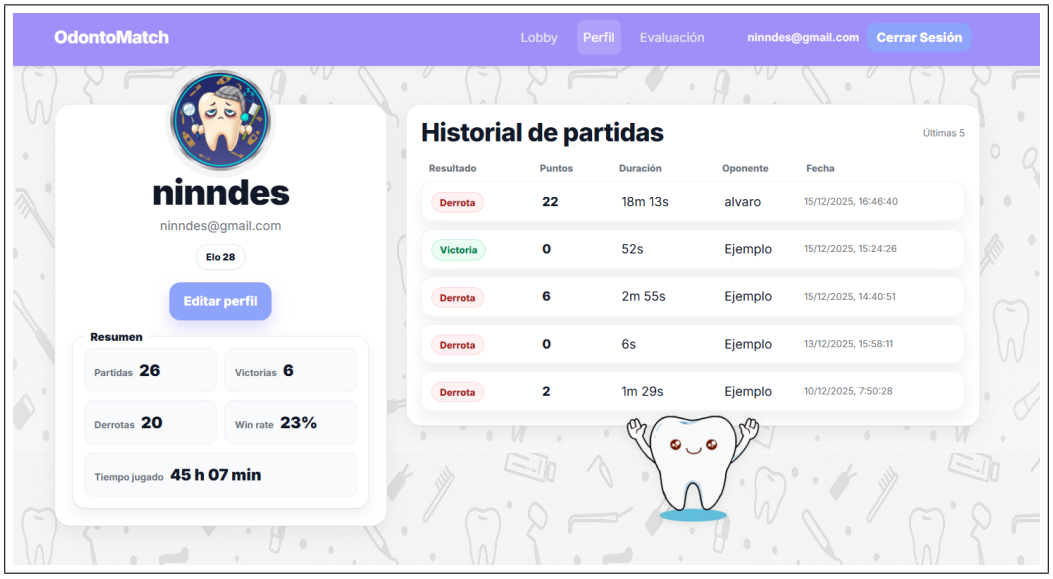


Figura C.6: Pantalla de perfil de usuario

La Figura C.6 representa el wireframe la pantalla de perfil de usuario, permite al usuario visualizar su desempeño dentro del juego. Los componentes que la componen son:

- Botón editar perfil: Abre un cuadro donde el jugador puede editar su perfil.
- Historial de partidas: Muestra una lista de partidas jugadas, con datos como fecha, resultado y puntaje obtenido.
  - Cuadro para editar perfil:
    - Campo de texto para escribir nuevo nombre de usuario.
    - Campo de texto para escribir contraseña actual.
    - Campo de texto para escribir nueva contraseña.
    - Botón para confirmar cambios.
    - Botón para seleccionar avatar: Abre un cuadro con un avatares prediseñados. El jugador puede seleccionar uno como su avatar, y este aparecerá en su perfil de usuario y durante sus partidas.

4. **Interfaz de juego**

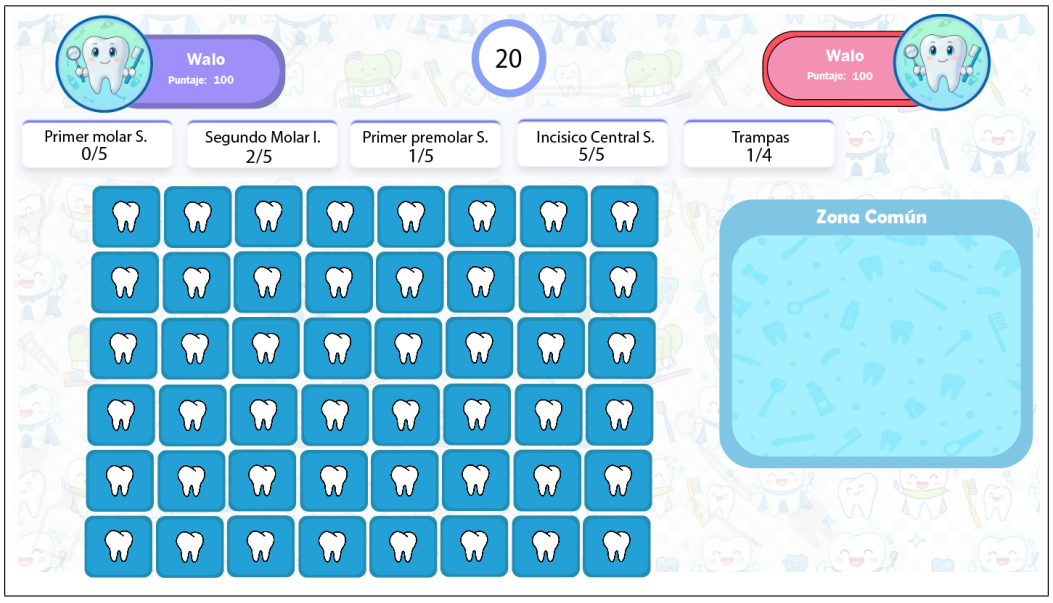


Figura C.7: Mockup interfaz de juego

La Figura C.7 presenta el diseño de la interfaz principal de Odonto-Match, y los elementos que la componen son:

- Nombre de usuario de cada jugador.

- Puntuación de cada jugador.
- Tiempo de juego por turno.
- Avatar representativo de cada jugador.
- Zona de juego: Área donde se colocan las cartas para formar pares.
- Cartas de dientes: Cartas que representan imágenes o conceptos sobre odontología, para clasificar en los tableros.
- Tablero de clasificación: Espacio donde se clasifican las cartas correctas según su categoría.
- Zona común: Área en donde se almacenan los pares, para colocar en los tableros correspondientes.
- Botón de ajustes: Abre un cuadro con 2 botones:
  - Botón de volver al lobby: Permite al jugador retirarse. Terminando la partida, y definiendo al jugador rival como ganador.
  - Botón de cerrar sesión: Permite al jugador salir de la sesión y lo traslada a la pantalla de inicio. Terminando la partida, y definiendo al jugador rival como ganador.

C.0.7. Progresión del jugador

El sistema de progresión busca fomentar la rejugabilidad al permitir que los jugadores visualicen sus avances.

- Progresión por puntuación: Cada nuevo usuario al registrarse comenzará con una puntuación de 0, que podrá ir escalando a medida que vaya jugando, esta puntuación podrá crecer más rápido si el jugador resulta ganador. La puntuación obtenida al ganar una partida será de 10 puntos base, más un 10 % de los puntos obtenidos durante la partida, y en caso de perder el jugador obtendrá 5 puntos.
- Tablas de clasificación: La puntuación acumulada se utilizará para generar una tabla de clasificación. La tabla mostrará a los jugadores con mayor puntuación acumulada.

C.0.8. Concepto de arte

El estilo visual de Odonto-Match se basará en un estilo minimalista, priorizando la claridad visual, evitando la sobrecarga de elementos. Como referencia de este enfoque visual, se presenta la Figura C.8, que muestra la interfaz de Duolingo [38], un diseño simple con colores claros.

Figura C.8: Referencia pantalla principal de Duolingo.

C.0.9. Especificaciones técnicas

Se presentarán las herramientas a utilizar en el desarrollo de Odonto-Match.

1. **Plataforma:** Web compatible con navegadores como Google Chrome, Mozilla Firefox y Microsoft Edge.
2. **Herramientas de desarrollo:**
   - **React.js:** Enfocada principalmente para el desarrollo frontend. Será la herramienta encargada de la creación de interfaces de usuario interactivas, utilizando componentes reutilizables que representarán los elementos visuales dentro del juego, como cartas, tableros y zonas del juego.
   - **Node.js + Socket.IO:** Node enfocada para el desarrollo backend. Será la herramienta encargada de crear el servidor y llevar la lógica del juego,

como gestión de turnos, reglas y validaciones, a través de Node se integrará Socket.IO que permitirá la comunicación bidireccional en tiempo real, permitiendo el emparejamiento entre jugadores y la sincornización de eventos.

- **Firebase Realtime Database:** Será la base de datos del proyecto, la que se encargará de almacenar datos de los usuarios, tanto usuarios registrados , estadísticas de los usuarios y logros obtenidos.
- **GitHub:** Herramienta utilizada para mantener un control de versiones del proyecto.

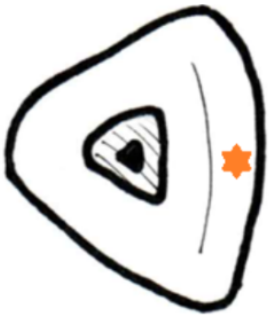
D. Apéndice: Instrumentos de evaluación

En este apéndice se presentan los instrumentos utilizados durante el desarrollo de los experimentos que fueron aplicados a los participantes antes y después de la sesión de juego.

D.1. Prueba de conocimiento (Pretest)

Pregunta 1

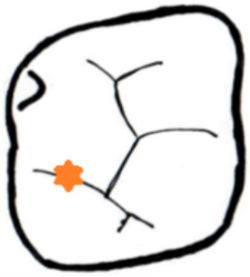
¿A qué corresponde esta estructura anatómica?



- Fosa lingual
- Cíngulo
- Borde incisal
- Canal lateral

Pregunta 2

¿A qué corresponde esta estructura anatómica?



- Surco vestibular
- Surco mesial
- Surco palatino
- Surco marginal

Pregunta 3

¿A qué corresponde esta estructura anatómica?

- Cúspide mesiopalatina
- Cúspide vestibular
- Cúspide distopalatina
- Cúspide cervical

Pregunta 4

¿Este acceso endodóntico a que diente corresponde ?

- Segundo molar inferior
- Primer premolar superior
- Segundo premolar inferior
- Primer molar inferior

Pregunta 5

¿La morfología de este diente a cual corresponde?

- Incisivo central superior
- Incisivo central inferior
- Canino superior
- Segundo premolar inferior

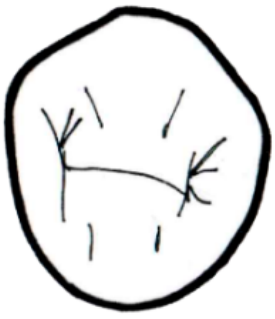
Pregunta 6

¿Está cara palatina a que diente corresponde ?

- Incisivo central superior
- Incisivo central inferior
- Canino superior
- Segundo premolar inferior

Pregunta 7

¿Está cara oclusal a que diente corresponde ?



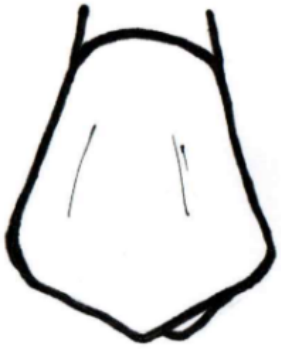
- Incisivo central superior
- Incisivo central inferior
- Canino superior
- Segundo premolar inferior

D.2. Prueba de conocimiento (Post Test)

Evaluación aplicada a los participantes despues de terminar la sesión de juego, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos.

Pregunta 1

¿Qué forma tiene la cara vestibular del primer premolar superior?



- Pentagonal
- Trapezoidal
- Triangular
- Ovalada

Pregunta 2

¿A qué corresponde esta estructura anatómica?

- Cíngulo
- Canal distal
- Cúspide
- Rodete marginal

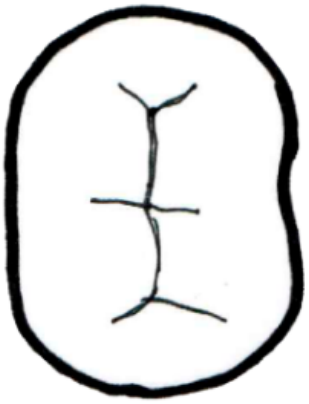
Pregunta 3

¿A qué corresponde esta estructura anatómica?

- Surco palatino
- Delta apical
- Canal lateral
- Fóvea

Pregunta 4

¿Está cara oclusal a que diente corresponde ?



- Segundo molar inferior
- Primer premolar superior
- Segundo premolar inferior
- Primer molar inferior

Pregunta 5

¿La morfología de este diente a cual corresponde ?

- Primer molar superior
- Segundo molar inferior
- Primer premolar superior
- Incisivo central superior

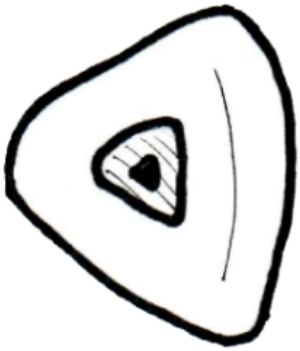
Pregunta 6

¿Está cara palatina a que diente corresponde ?

- Primer molar superior
- Segundo molar inferior
- Primer premolar superior
- Incisivo central superior

Pregunta 7

¿El acceso endodóntico de este diente a cual corresponde?



- Incisivo central superior
- Incisivo central inferior
- Canino superior
- Segundo premolar inferior

D.3. Cuestionario de usabilidad

El siguiente cuestionario fue adaptado del Computer System Usability Questionnaire, utilizado para evaluar la facilidad de uso, navegación e impresión general. El instrumento utiliza una escala Likert de 1 a 7, donde 1 corresponde a "totalmente en desacuerdo" y 7 a "totalmente de acuerdo".

1. En general, estoy satisfecho con lo fácil que es utilizar OdontoMatch.
2. Fue simple navegar por OdontoMatch (home, lobby, perfil y partida).
3. Puedo completar las actividades de OdontoMatch sin demoras innecesarias.
4. Me siento cómodo utilizando OdontoMatch.
5. Fue fácil aprender a usar OdontoMatch por primera vez.
6. Me familiaricé rápidamente con el funcionamiento de OdontoMatch.
7. OdontoMatch muestra mensajes claros cuando ocurre un error o algo no puede realizar.
8. Si tengo dificultades al usar OdontoMatch, puedo continuar sin problemas.
9. La información que entrega OdontoMatch (mensajes, textos e instrucciones) es clara y comprensible.
10. Las funcionalidades de OdontoMatch son las adecuadas para este tipo de actividad
11. La organización del contenido en OdontoMatch es clara y coherente.
12. La interfaz de OdontoMatch me resulta agradable.
13. En general, estoy satisfecho con mi experiencia utilizando OdontoMatch.

D.4. Resultados obtenidos

Las respuestas obtenidas del pretest y postest fueron anonimizadas y almacenadas. Los registros de las respuestas se encuentran en los siguientes enlaces.

D.4.1. Resultados de la evaluación pre test

https://docs.google.com/spreadsheets/d/16s6rpA-t0qDel2z9GWZtpyedBhCw0B-D0aXI3B
edit?usp=sharing

D.4.2. Resultados de la evaluación post test

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VKa2VxcTKic_Ir51JgnSH1JUx6GNLAlqCwSEjt
edit?usp=sharing

E. Apéndice: Video gameplay

A continuación, se presenta un enlace para visualizar el funcionamiento del juego, desde el flujo de pantallas, creación de partida y las mecánicas principales. `https://youtu.be/JLBp5l2cEcI`