

Trabajo fin de grado

Juego educativo para enseñanza de teoría musical



Esther Pérez Gil

Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
C/ Francisco Tomás y Valiente nº 11

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**



Grado en Ingeniería Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

Juego educativo para enseñanza de teoría musical

Autor: Esther Pérez Gil

Tutor: Cristina Alonso Fernández

Ponente: Ángela Fernández Pascual

junio 2024

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con la autorización de los titulares de la propiedad intelectual.

La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (*arts. 270 y sgts. del Código Penal*).

DERECHOS RESERVADOS

© 3 de Noviembre de 2017 por UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
Francisco Tomás y Valiente, nº 1
Madrid, 28049
Spain

Esther Pérez Gil

Juego educativo para enseñanza de teoría musical

Esther Pérez Gil

C\ Francisco Tomás y Valiente Nº 11

IMPRESO EN ESPAÑA – PRINTED IN SPAIN

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi tutora Cristina Alonso Fernández su confianza, su apoyo constante, su orientación y recomendaciones, su tiempo invertido en el trabajo y su infinita paciencia frente a los múltiples cambios a los que se ha sometido el juego.

RESUMEN

El sector de la educación ha experimentado un cambio importante con la introducción de las nuevas tecnologías en el aula. El método de enseñanza tradicional se ha visto alterado con la aparición de plataformas de aprendizaje en línea y con el desarrollo de numerosas aplicaciones para crear recursos educativos digitales para todos los niveles de formación, incluida la universitaria. Otro ejemplo destacable son los juegos serios, que permiten al alumnado aprender de manera lúdica fomentando el aprendizaje activo.

La gamificación en la educación hace referencia al uso de elementos de juegos en un ámbito no lúdico con el objetivo de aumentar la motivación del estudiante. En el caso de los denominados juegos serios, no sólo se busca la motivación del estudiante, sino el aprendizaje y conseguir unos objetivos didácticos específicos. El concepto de juego serio fue formalizado por primera vez en 1970, haciendo referencia a aquellos juegos que tienen como objetivo educar, sin pretender entretener al jugador. Esta definición ha ido evolucionando con el paso del tiempo de manera que ya no se refiere a juegos meramente educativos, sino que también se busca el entretenimiento para motivar al jugador.

Este Trabajo Fin de Grado tiene por objeto desarrollar un juego serio en el que se usa la tecnología como instrumento para el aprendizaje de la teoría musical, intentando potenciar la motivación del alumnado y hacerle partícipe de su propio aprendizaje. Para ello se ha utilizado Unity, una plataforma para creación de videojuegos. En concreto, el juego está enfocado a la enseñanza de los conceptos musicales teóricos exigidos en el currículo LOMLOE para el primer ciclo de educación primaria en España. La historia del juego transcurre en un archipiélago formado por cuatro islas musicales, independientes entre ellas, que incluyen tutoriales y diversos niveles. En cada isla se presentan distintos conceptos musicales, como los sonidos graves y agudos, las escalas ascendentes y descendentes, las siete notas musicales, las figuras musicales y sus silencios, y las tres familias de instrumentos. En resumen, se ha creado un videojuego que cubre todos los contenidos musicales teóricos exigidos en el ciclo educativo al que va destinado, y se han hecho pruebas de verificación y validación para evaluar su calidad didáctica y técnica. Se trata de un recurso educativo en abierto, disponible en español para ordenador y distintos sistemas operativos como Windows, Linux y Mac OS.

PALABRAS CLAVE

Juego serio, gamificación educativa, aprendizaje invertido, entretenimiento educativo, aprendizaje significativo, Unity, videojuegos

ABSTRACT

The education sector has experienced a significant change with the introduction of new technologies in the classroom. The traditional teaching method has been altered with the creation of online learning platforms, with the development of numerous applications to create digital educational resources for all levels, including university. Another example are serious games, which allow students to learn in a playful way, promoting active learning.

Gamification in education refers to the use of game elements in a non-recreational environment with the objective of increasing student motivation. In the case of so-called serious games, not only the student's motivation is sought, but also learning and achieving specific didactic goals. The concept of serious game was first formalized in 1970, referring to those games that aim to educate, without intending to entertain the player. This definition has evolved over time so that it no longer refers to merely educational games, but also entertainment is sought to motivate the player.

This Bachelor's Thesis aims to develop a serious game in which technology is used as an instrument for learning music theory, trying to enhance motivation in students and make them participate in their own learning. To achieve this, a platform for video game creation called Unity has been used. Specifically, the game is focused on teaching the theoretical music concepts required in the LOMLOE curriculum for the first cycle of primary education in Spain. The game takes place in an archipelago containing four musical islands, independent of each other, which include tutorials and different levels. On each island different musical concepts are presented, such as low and high sounds, ascending and descending scales, the seven musical notes, the musical figures and their silences, and the three families of instruments. In summary, a video game that covers all the theoretical musical content required in the educational cycle for which it is intended has been created, and verification and validation tests have been carried out to evaluate its didactic and technical quality. This educational resource is open, available in Spanish for computer and different operating systems such as Windows, Linux and Mac OS.

KEYWORDS

Serious game, gamification of education, flipped learning, edutainment, meaningful learning, Unity, video games

ÍNDICE

1	Introducción	1
1.1	Motivación	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estructura del documento	2
2	Estado del arte	3
2.1	Gamificación	3
2.2	Juegos serios	4
2.2.1	Estudios sobre el impacto de los juegos serios	5
2.2.2	Aprendizaje musical mediante juegos serios	7
2.3	Motores de videojuegos	8
2.3.1	Características de Unity	9
3	Análisis	11
3.1	Catálogo de requisitos	11
3.1.1	Requisitos funcionales	11
3.1.2	Requisitos no funcionales	12
3.2	Currículo LOMLOE	12
3.3	Criterios de calidad	13
3.3.1	Norma UNE	13
3.3.2	Escala GAMEX	14
4	Diseño	15
4.1	Historia y dinámicas	15
4.2	Tipos de niveles	15
4.3	Islas y características	16
4.3.1	Isla Escala	16
4.3.2	Isla Nota	17
4.3.3	Isla Tempo	17
4.3.4	Isla Familia	18
4.4	Recursos utilizados	18
4.5	Accesibilidad	19
5	Implementación	21
5.1	Manejo de escenas	21

5.2 Niveles de tutorial	22
5.3 Niveles de elegir la opción correcta	22
5.4 Niveles de arrastrar objetos	23
6 Pruebas	27
6.1 Pruebas de validación	27
6.2 Pruebas de verificación	28
7 Resultados	31
8 Conclusiones, limitaciones y trabajo futuro	37
8.1 Conclusiones	37
8.2 Limitaciones	37
8.3 Trabajo futuro	38
Bibliografía	40
Acrónimos	41
Apéndices	43
A Acreditaciones de las imágenes usadas	45
B Perfil del docente	47
C Rúbrica de la escala GAMEX	63

LISTAS

Lista de figuras

7.1	Menú principal del juego	32
7.2	Menú de selección de isla	32
7.3	Ejemplo de isla con cinco niveles	33
7.4	Ejemplo de isla con dos niveles	33
7.5	Ejemplo de tutorial	34
7.6	Ejemplo de nivel del tipo “elegir la opción correcta”	34
7.7	Ejemplo de nivel del tipo “arrastrar objetos”	35
C.1	Rúbrica GAMEX	63

Lista de tablas

4.1	Resumen de las características de las islas	16
B.1	Criterio 1: Descripción didáctica: valor y coherencia didácticos	47
B.2	Criterio 2: Calidad de los contenidos	48
B.3	Criterio 3: Capacidad para generar aprendizaje	49
B.4	Criterio 4: Adaptabilidad	50
B.5	Criterio 5: Interactividad	51
B.6	Criterio 6: Motivación	52
B.7	Criterio 7: Formato y diseño	53
B.8	Criterio 8: Reusabilidad	54
B.9	Criterio 9: Portabilidad	55
B.10	Criterio 10: Robustez; estabilidad técnica	56
B.11	Criterio 11: Estructura del escenario de aprendizaje	57
B.12	Criterio 12: Navegación	58
B.13	Criterio 13: Operabilidad	59
B.14	Criterio 14: Accesibilidad del contenido audiovisual	60
B.15	Criterio 15: Accesibilidad del contenido textual	61

INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

El sistema educativo continúa adaptándose al perfil del alumnado de hoy en día, que ha crecido en la era digital. En ocasiones, un sistema de aprendizaje tradicional puede provocar que los talentos y capacidades de los estudiantes se vean reprimidos, limitando su creatividad e imaginación. Esto da lugar a estudiantes que carecen de motivación ante las tradicionales clases magistrales, sugiriendo la necesidad de cambiar el método de enseñanza introduciendo la tecnología [1]. A su vez, es importante mantener el nivel de consistencia y continuidad entre las herramientas utilizadas en el ámbito educativo y en la vida cotidiana [2].

La tecnología se puede integrar en la educación de múltiples maneras, lo que hace posible que se pueda ofrecer un contenido de calidad, interactivo y personalizado a cada estudiante. El personal docente puede cambiar su manera de enseñar incorporando presentaciones dinámicas, modelos 3D o animaciones, además de poder realizar un seguimiento más personalizado de cada estudiante gracias a los programas educativos. Los estudiantes pueden aprender mediante vídeos, simulaciones o aplicaciones que se adapten a su progreso, o incluso mediante videojuegos. Estos proporcionan múltiples beneficios como la mejora de la motivación, la concentración, el esfuerzo y el compromiso de los estudiantes en su aprendizaje. A su vez, hacen posible establecer objetivos a cumplir y aportan retroalimentación que permite a los estudiantes conocer su progreso como resultado de su esfuerzo [1]. Todo ello hace de los videojuegos educativos una herramienta muy poderosa para transmitir conocimientos de manera amena y motivadora.

Por otro lado, a pesar de los grandes beneficios cognitivos que supone incorporar la música en edades tempranas, la obligatoriedad de la asignatura de educación musical ha ido variando, al igual que otras asignaturas de disciplinas artísticas. Con la LOMCE, la educación musical pasó a ser una asignatura optativa en la educación primaria, en lugar de troncal, dejando en manos de las comunidades autónomas la decisión de impartirla o no, y, en caso afirmativo, cuántas horas semanales destinarían a ella. Finalmente, con la LOMLOE, la ley de educación actual, se volvió obligatoria su inclusión en el currículo. Sin embargo, existen muy pocos recursos digitales para la educación musical. Al consultar

la página oficial de recursos educativos digitales en abierto del INTEF ¹, no se encuentran resultados para juegos de teoría musical en educación primaria. Por ello, se ha utilizado la tecnología para desarrollar un videojuego educativo con el que abordar este tema específico.

1.2. Objetivos

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado son:

- 1.– Analizar el panorama actual del uso de los videojuegos en el ámbito educativo, en particular en el ámbito de la teoría musical, y si la inclusión de estos está suponiendo un impacto positivo en la calidad del aprendizaje.
- 2.– Exponer los distintos criterios generados y aplicados en estudios para crear un material digital educativo de calidad.
- 3.– Estudiar los contenidos sobre teoría musical del currículo LOMLOE para el primer ciclo de educación primaria en España y analizar los videojuegos educativos existentes.
- 4.– Diseñar un videojuego educativo que incluya los contenidos educativos analizados previamente y extraer sus requisitos funcionales y no funcionales.
- 5.– Desarrollar en Unity un juego serio educativo de teoría musical con los contenidos exigidos por el currículo LOMLOE para el primer ciclo de educación primaria en España.
- 6.– Someter al juego creado a pruebas de validación y verificación para evaluar su calidad.

1.3. Estructura del documento

Este documento se ha estructurado en los siguientes apartados:

- 1.– **Introducción:** motivación del presente Trabajo Fin de Grado, objetivos a alcanzar en el mismo y su estructura.
- 2.– **Estado del arte:** explicación de los conceptos de gamificación y juego serio, revisión de algunos estudios realizados sobre juegos con un objetivo didáctico, entrando en detalle en aquellos para el aprendizaje musical, y descripción de algunos motores de videojuegos.
- 3.– **Análisis:** recopilación de los requisitos funcionales y no funcionales del videojuego, así como los distintos criterios de garantía de calidad de los recursos educativos digitales.
- 4.– **Diseño:** planteamiento del videojuego incluyendo su historia, las diferentes dinámicas y los tipos de niveles.
- 5.– **Implementación:** explicación de la programación de distintos aspectos del juego.
- 6.– **Pruebas:** descripción de las pruebas de validación y verificación realizadas.
- 7.– **Resultados:** análisis del producto final obtenido.
- 8.– **Conclusiones, limitaciones y trabajo futuro:** síntesis de las ideas obtenidas con la realización del videojuego, obstáculos encontrados en el desarrollo y posibles líneas de trabajo que surgen a partir del videojuego desarrollado.

¹<https://intef.es/recursos-educativos/>

ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se exponen los conceptos de gamificación y juegos serios, y se revisan estudios realizados con estos al compararlos con métodos de aprendizaje tradicionales. También se analizan los tipos de videojuegos musicales actuales y las distintas herramientas de desarrollo, entrando en detalle en el motor de videojuegos finalmente seleccionado para el desarrollo: Unity.

2.1. Gamificación

La gamificación se refiere al uso de elementos de los juegos en un contexto no lúdico, generalmente con el objetivo de potenciar la motivación [3]. La gamificación puede utilizarse en aplicaciones o procesos que no estén relacionados con los juegos con el objetivo de mejorar la experiencia y nivel de compromiso del usuario, de modo que el resultado de la gamificación no tiene que ser necesariamente un juego. Un ejemplo de este fenómeno son los juegos con un propósito (GWAP), que utilizan la gamificación para llegar a un resultado no lúdico. Estos hacen referencia a juegos diseñados deliberadamente para recopilar información para un propósito determinado utilizando a la mayor cantidad de gente posible, a cambio de un incentivo [4].

En un ámbito académico, introducir la gamificación permite incluir todos los aspectos positivos de los juegos en el aula, tales como la mejora de la motivación, concentración o el esfuerzo y compromiso de los estudiantes en su aprendizaje. Adicionalmente, permite establecer objetivos claros y mostrarlos como logros a cumplir, además de aportar una retroalimentación constante favoreciendo que el alumnado pueda conocer su progreso y los frutos de su esfuerzo [1].

La motivación es el factor clave que diferencia a un método de enseñanza basado en la gamificación de los métodos de enseñanza tradicionales. Existen diversas opiniones entre los expertos sobre qué es lo que produce esa motivación en la gamificación. Algunos opinan que las características propias de los juegos (como los niveles, insignias, o la selección de distintos caminos) son los elementos que motivan a los estudiantes y convierte el aprendizaje en una tarea gratificante, ya que los estudiantes se sienten responsables de su propio aprendizaje. Otros opinan que el simple hecho de la gamificación es lo que actúa como un agente motivador intrínseco. Y otros opinan que los retos y la sensación de

autorrealización son motivadores esenciales de la gamificación [5].

Otro elemento relevante de la gamificación es el poder de decisión que se les otorga a los estudiantes, demostrándose que cuanto mayor sea éste, se obtendrán mejores resultados de aprendizaje [6]. A su vez, este estudio determinó que los estudiantes que tenían un control parcial al completar todos los niveles de un camino preestablecido obtuvieron mejores resultados que aquellos que tenían control total. Por el contrario, los estudiantes que sentían que no tenían control o que era muy limitado no se sentían partícipes en su aprendizaje [5].

Existen tres variantes diferentes de gamificación en el ámbito educativo: competitiva, cooperativa y colaborativa [7].

- En la gamificación competitiva los estudiantes trabajan de manera individual, sin vínculos con las tareas de otros estudiantes. Un ejemplo sería un juego donde los estudiantes deben completar ciertas tareas para ganar puntos en una clasificación.
- En la gamificación cooperativa los estudiantes trabajan individualmente y son evaluados tanto individual como conjuntamente. Un ejemplo sería un juego donde cada estudiante realiza tareas por separado para sumar puntos a su equipo.
- En la gamificación colaborativa los estudiantes trabajan juntos en equipos y son evaluados como tal. Un ejemplo sería un juego donde se reparten conceptos entre equipos y se crean materiales de estudio para compartir con toda la clase.

Un estudio comparando los tres métodos de gamificación concluyó que los estudiantes de la variante competitiva obtuvieron los mejores resultados, y los de la variante cooperativa los peores. En relación a la gamificación competitiva, el uso de clasificaciones es muy común, ya que facilita comparar resultados de los compañeros. Esto ejerce un poder motivador en los estudiantes que aspiran a la excelencia y presenta efectos positivos en el aprendizaje al añadir un desafío adicional. Sin embargo, también puede perjudicar al alumnado que se encuentre en la parte inferior de la clasificación dando lugar a ansiedad o envidia. Por otro lado, la gamificación cooperativa y colaborativa deben ser diseñadas cuidadosamente para establecer metas y premios compartidos sin dejar de enfatizar las contribuciones individuales y colectivas para evitar impedir el aprendizaje de los estudiantes [7].

2.2. Juegos serios

El investigador Clark C. Abt formalizó el concepto y usos de los juegos serios en su libro *Serious games*, publicado en 1970, considerando únicamente los juegos de mesa y cartas [4] [8]. En este libro definía un juego serio como aquel que tiene como objetivo principal el de educar, sin pretender que sea jugado por entretenimiento, pese a ser un elemento que también puede estar presente. Esta definición ha sido modificada a lo largo del tiempo: ya no se refiere únicamente a aquellos juegos con propósito educativo, y el entretenimiento es uno de los objetivos a alcanzar, lo que fomenta la motivación en el jugador [8]. Otras definiciones proponen que los juegos serios no son caracterizados

por la intención del desarrollador, sino por la del jugador, de modo que un juego que no ha sido ideado para educar puede considerarse un juego serio si el jugador obtiene algún aprendizaje de él. Hoy en día no existe una única definición de qué es un juego serio, pero se puede describir como un juego digital creado con la intención de entretener y alcanzar al menos otro objetivo adicional, denominado objetivo caracterizador [4].

Los distintos objetivos caracterizadores de los juegos serios pueden relacionarse con distintas competencias a adquirir en relación a varios dominios. Algunas de estas competencias son: cognitivas, perceptuales, motoras, sensoriales, emocionales, sociales, personales y mediáticas. Se distinguen varias categorías de juegos serios dependiendo de su objetivo caracterizador [4]. Por ejemplo, los *exergames* animan a los jugadores a llevar una vida saludable e incluir el ejercicio físico en su día a día, los *advergates* tienen un objetivo comercial y de marketing, introduciendo el producto o servicio que se promociona dentro del juego, o los *simulation games* se refieren a juegos de simulación cuyo objetivo es que el jugador adquiera y ejercite unas determinadas habilidades [4] [9].

Un requisito importante que define un buen juego serio es que se aproxime lo máximo posible a las características personales de cada jugador, a la vez que a los requisitos necesarios para alcanzar el objetivo del juego. La manera de lograr esto es mediante la personalización y la adaptación. La personalización se refiere a alterar un juego para ajustarlo a las características individuales de un jugador. Por otro lado, la adaptabilidad hace referencia a la capacidad del juego de apartarse de manera más o menos automática a una situación específica. A su vez, para que la adaptabilidad sea efectiva, es necesario llevar a cabo una evaluación de aspectos emocionales y cognitivos [4].

Otra categoría de juego serio, a la que pertenece el juego desarrollado en este Trabajo Fin de Grado, es *edutainment*, que está dedicada a los juegos con objetivo educativo utilizando el entretenimiento e inmersión como incentivos [9]. Dentro de esta categoría están los juegos de aprendizaje, que abordan el aspecto didáctico de manera más informal, y los juegos educativos, que están enfocados a instituciones educativas con el objetivo formal de educar [4]. El uso de juegos con propósito educativo, además de enseñar unos determinados contenidos, ayuda al desarrollo personal de los estudiantes. Esto incluye el desarrollo de distintas competencias, habilidades y destrezas que se requieren en el currículo actual tales como la capacidad de resolver problemas, de trabajar en equipo y valores como el esfuerzo y la superación [10].

2.2.1. Estudios sobre el impacto de los juegos serios

Los primeros estudios relacionados con los videojuegos analizaban sus impactos negativos, tales como un aumento de violencia o agresión [11]. Más adelante surgió la idea de que los juegos son herramientas muy efectivas para el aprendizaje, sin embargo, no se han abordado estudios experimentales hasta hace dos décadas. Algunos investigadores afirman que el uso de los juegos permite un aprendizaje constructivo y basado en las experiencias, lo que es potenciado con la inmersión en el juego [2].

Esto se debe a que los videojuegos utilizan el principio de “aprender haciendo”, lo que permite que la adquisición de conocimientos sea más profunda que utilizando métodos tradicionales [12].

Una revisión de la literatura, concretamente de los estudios desarrollados entre los años 2007 y 2011, concluyó que no es posible determinar si los juegos serios tienen un impacto positivo en el aprendizaje. Esto se debe principalmente a que existe una falta de consenso entre los investigadores sobre cuándo un videojuego puede considerarse juego serio y a la gran cantidad de categorías que existen dentro de los juegos serios. A su vez, hay un uso inconsistente de un grupo control en los estudios, bien pudiendo ser personas sin entrenamiento, con entrenamiento basado en métodos de enseñanza tradicionales o un juego diferente al resto de sujetos. Lo que sí se pudo afirmar es que los sujetos se mostraban mucho más motivados cuando se incluía la tecnología y juegos que cuando no se hacía [2].

Otra revisión de la literatura, realizada con artículos entre los años 2004 y 2009, examinó los impactos positivos de los juegos en personas mayores de 14 años en relación al aprendizaje, mejora de habilidades y concentración. Se concluyó que el uso de videojuegos está relacionado con varios aspectos perceptivos, cognitivos, de conducta, afectivos y motivacionales, siendo el resultado más obtenido la adquisición y entendimiento de nuevos conocimientos. Por otro lado, una vez más, se comentaba la falta de rigurosidad en los experimentos realizados y cómo esto puede afectar a la veracidad de los resultados obtenidos [11].

Con un carácter más específico y reciente, se realizó una revisión de la literatura existente hasta 2019 analizando todos los estudios relacionados con los juegos serios como herramientas para cambiar los hábitos alimenticios en personas menores de 12 años. Se observó que el uso de la gamificación y juegos serios provocó un aumento en la ingesta de fruta y verdura, la modificación de los hábitos alimenticios, fomentó la exploración de nuevos alimentos y promovió hábitos alimenticios saludables. Sin embargo, también se comprobó que utilizando juegos serios con el objetivo contrario produjo un aumento de la ingesta de alimentos no saludables. La conclusión final es que, efectivamente, los juegos serios tienen el potencial de promover hábitos alimenticios sanos a la vez que educar sobre los mismos, sin embargo, se necesitan estudios que analicen este fenómeno a largo plazo para poder obtener resultados concluyentes [13].

Actualmente, distintos estudios han buscado incrementar el interés de los estudiantes y el aprendizaje efectivo mediante la gamificación analizando efectos positivos como el optimismo, la generación de conexiones sociales, el aumento de la productividad y el empoderamiento. El reto se encuentra en conseguir motivar al estudiante teniendo en cuenta que no es su responsabilidad mantener esa motivación; para ello, se requiere la combinación de la interacción entre el docente, el estudiante y un medio digital educativo [14]. En un análisis de varios estudios se reveló que desde el punto de vista del alumnado, los aspectos positivos de la gamificación eran: el aumento del entusiasmo, la posibilidad de tener retroalimentación, la sensación de reconocimiento que proporcionaba y el promover el cum-

plimiento de objetivos. A su vez, dos aspectos negativos que apreciaron sobre la gamificación fueron que no aportaba una utilidad adicional nueva y podía causar ansiedad y envidia entre estudiantes [15].

Como conclusión general, en los estudios se ha observado que el uso de juegos serios y la inclusión de la gamificación motivan al alumnado y fomentan el aprendizaje. A su vez, los estudiantes que están motivados persisten más en las tareas de aprendizaje y muestran una vida académica más exitosa [14]. Sin embargo, no es posible afirmar que estos resultados sean generalizables porque para ello habría que llevar a cabo estudios más rigurosos, que analizaran las mismas variables utilizando los mismos juegos serios, durante un largo periodo de tiempo.

2.2.2. Aprendizaje musical mediante juegos serios

Actualmente la industria de los videojuegos tiene un volumen de facturación mayor que el del cine y la música juntos [16]. Esta evolución se ha producido en los últimos 40 años, durante los que los videojuegos han ido sustituyendo a otras formas de entretenimiento [11]. El motivo de esto puede deberse a que los videojuegos proponen retos que fomentan el interés por el descubrimiento y la concentración, así como mejorar las competencias y alfabetización digitales. Además, a nivel social, se impulsa la creatividad con la formación de comunidades donde poder socializar y crear vínculos con personas similares [10]. Por otro lado, la educación musical promueve el desarrollo y perfeccionamiento de la capacidad lingüística, a la vez que la inteligencia emocional, siendo esta última un elemento clave para favorecer la autoconciencia, la autoestima, la empatía, las habilidades sociales y la autorregulación emocional [17]. La unión de estos dos conceptos ha dado lugar a multitud de videojuegos relacionados con la música, que ayudan en el desarrollo de la psicomotricidad, la coordinación óculo-motora y óculo-manual [12].

Todos los videojuegos contienen algún componente musical, bien pudiendo ser la música de fondo para mantener al jugador concentrado, o utilizando la música como herramienta auxiliar. Por ejemplo, los juegos *Geometry Dash* y *Rayman Legends* son juegos de plataformas que utilizan la música para sincronizar los saltos del jugador. Últimamente, están surgiendo muchos juegos y aplicaciones destinados a enseñar a tocar instrumentos, como *Yousician*¹ o la colección *Simply*² que cuentan con aplicaciones para enseñar a tocar el piano, la guitarra, el ukelele, el bajo y a cantar. Estas aplicaciones cuentan con elementos básicos de la gamificación como son distintos niveles de dificultades variables, un sistema de recompensas y retroalimentación instantánea.

La mayor parte de los videojuegos que incluyen algún concepto musical lo hacen a través del ritmo, que es una muy buena manera de fomentar la adquisición de habilidades musicales en edades tempranas, junto con la experimentación con distintos sonidos y la voz. A su vez, las habilidades rítmicas son muy relevantes para el desarrollo cognitivo porque están altamente relacionadas con las

¹<https://yousician.com/es>

²<https://hellosimply.com/>

funciones motoras, el lenguaje y la memoria [12]. Por ejemplo, la saga de juegos *Just Dance* o el juego *Boogie SuperStar* utilizan el baile para fomentar el ritmo, o los juegos de la franquicia *Guitar Hero* permiten simular tocar instrumentos. Estos juegos también contienen elementos claros de gamificación como el aumento gradual de la dificultad y la retroalimentación al momento.

Otro ejemplo de videojuego rítmico es *Wii Music*, desarrollado por *Nintendo*. En un experimento que introducía este videojuego en el aula se concluyó que ejerció un efecto motivador en los estudiantes, provocando que mostrasen una actitud favorable hacia la tarea a realizar. Analizando el nivel de aprendizaje, se apreció una mejora comparado con el aprendizaje tradicional, mostrando los estudiantes más atención y concentración en las sesiones finales. A nivel social, también se apreció una mejor interacción entre estudiante y profesor, siendo más relajada y distendida [18]. Otro experimento utilizó un juego serio con dispositivos que simulaban una batería para que dos estudiantes trabajasen juntos creando distintos ritmos. Después de la experiencia, los estudiantes admitieron que fue una actividad divertida que les ayudó a interactuar entre ellos. Este juego tenía como objetivo utilizar la música para trabajar las habilidades sociales, obteniendo resultados positivos [19].

La música es una herramienta de gran importancia en los videojuegos, incluso llegando a ser un aspecto distintivo de ellos y cobrando gran fama, como por ejemplo ocurre con el tema inicial del juego *Pac-Man* o la canción del *Tetris*. Tal es la importancia del aspecto musical en los videojuegos que incluso existe una categoría en los premios *Grammy* destinada a la mejor banda sonora para videojuegos y otros medios interactivos³. Tras analizar algunos tipos de videojuegos que cuentan con componentes musicales y sus ejemplos, se puede apreciar una escasez de juegos serios que busquen la enseñanza de conceptos musicales de manera más formal, incluyendo el ámbito de la teoría musical.

2.3. Motores de videojuegos

Con la creciente popularidad de los videojuegos y su uso en la educación, han surgido multitud de motores de videojuegos, que fueron analizados a la hora de elegir el más adecuado para realizar este trabajo. Primero, es necesario aclarar la diferencia entre *framework* para la creación de videojuegos, y motor de juegos. El primero está compuesto por un conjunto de bibliotecas con código auxiliar para crear un juego, pero que requiere escribir una gran cantidad de código para poder unir las distintas piezas. Por otro lado, un motor de videojuegos proporciona todas las herramientas y tecnologías que sirven como modelo a la hora de crear un juego. Un motor incluye varias funcionalidades como el renderizado 2D o 3D, simulación de físicas, soporte para crear juegos en varias plataformas y un entorno de desarrollo común que evita tener que aprender una nueva herramienta al empezar un proyecto [20].

Para elegir el motor de videojuegos más adecuado para un proyecto hay que considerar las ca-

³<https://www.grammy.com/music-genre/music-for-visual-media>

racterísticas del mismo, como si será en 2D o 3D, para qué plataformas estará disponible, si admitirá modo multijugador, qué lenguaje de programación se va a utilizar, entre muchos otros aspectos. A continuación se exponen los motores que fueron considerados para la programación del juego y algunas de sus características [4]:

- **Unreal Engine:** Desarrollado por Epic Games, actualmente se encuentra en la quinta versión y es uno de los motores de videojuegos más potentes del momento. Permite programar en varios lenguajes como C, Python y, uno de los aspectos más destacables, *blueprint scripting tools*, que permite diseñar aspectos del juego sin necesidad de programación, mediante un sistema de arrastrar y soltar módulos. También cuenta con una herramienta muy potente llamada *lightning engine*, que permite crear una luz realista en juegos 3D.
- **Unity:** Es un motor muy utilizado por desarrolladores independientes. Cuenta con un gran renombre en la industria de la educación debido a la gran comunidad de personas que lo utiliza, así como los tutoriales de gran calidad que proporcionan a usuarios sin experiencia en la plataforma. Permite programar juegos casuales, de móvil o de realidad virtual, todo utilizando C#. Una gran ventaja de este motor es que cuenta con su propia tienda de ítems que permite una fácil y rápida descarga al proyecto en el que se esté trabajando.
- **CryENGINE:** Creado por Crytek, destaca por la alta calidad de sus gráficos y realismo. Cuenta con un gran sistema de simulación de físicas y su editor *sandbox*, que permite ver los cambios del juego a tiempo real. También incorpora el sistema *flow graph* que actúa como una interfaz para visualizar la lógica del juego mediante grafos de nodos y conexiones.
- **Godot:** Es un motor gratuito de código abierto ideal tanto para principiantes, ya que permite aprender las técnicas fundamentales de desarrollo de juegos de una manera amigable, como para profesionales, ya que es potente y altamente customizable. Permite programar en GDScript, el propio lenguaje del motor, C++ o C# entre otros [20].

Finalmente, el motor elegido para el desarrollo del juego fue Unity, ya que se aproximaba más a las características del juego al ser en 2D y no depender de la calidad de los gráficos. Un factor decisivo fue la gran cantidad de recursos educativos y tutoriales proporcionados tanto por Unity como por personas que utilizan la herramienta, que han permitido suplir la falta de experiencia previa en programación en C#. A su vez, creando una cuenta de estudiante con el correo institucional se tenía acceso a una gran cantidad de recursos. Otro factor relevante fue que contase con una tienda de paquetes de ítems gratuitos con fondos, música y personajes ya creados para poder utilizar en el juego.

2.3.1. Características de Unity

Para crear juegos en Unity se trabaja con escenas, que se corresponden con las distintas pantallas que aparecen en el juego. Dentro de una escena se pueden añadir objetos mediante el editor de Unity (por ejemplo, un personaje o un obstáculo) y a estos objetos se les puede añadir funcionalidad mediante *scripts* escritos en C# (por ejemplo, que el personaje salte al pulsar la barra espaciadora). Los objetos utilizados en cada escena permiten una gran personalización, para así adaptarse al tipo de juego que se esté creando. Por ejemplo, puede determinarse si son afectados por la gravedad, cuál es el valor de la gravedad, el peso del objeto, si es un objeto rígido o puede traspasarse, entre otros.

Tanto los atributos como los métodos que están en un *script* se pueden declarar como privados o

públicos, y de omitir esta declaración se considerarían protegidos. Aquellos métodos o atributos privados no son accesibles desde el editor de Unity ni desde otros *scripts* u objetos. Suelen ser utilizados para funciones y valores internos del código que no deben ser modificados independientemente de la escena. Por otro lado, los atributos y métodos públicos sí son accesibles desde el editor de Unity, otros *scripts* y distintos objetos que necesiten acceder a ellos. Esto permite observar el valor que toman los atributos en cada momento de la ejecución, así como modificar su valor o el de los parámetros de manera manual desde el editor, permitiendo adaptarlos a una escena concreta o que varios *scripts* se comuniquen entre ellos para coordinar acciones. Esto facilita reutilizar el mismo código en distintas escenas con la misma funcionalidad, ya que se pueden adaptar los objetos que aparecen y su posición utilizando el editor de Unity sin necesidad de utilizar otro *script* diferente.

A su vez, Unity tiene definidos multitud de métodos y tipos de atributos que son específicos de la plataforma para el manejo de objetos o las distintas acciones que pueden hacerse con ellos. Por defecto, al crear un *script* desde Unity se incluyen dos métodos predefinidos, que son *Start()* y *Update()*. El primer método se ejecuta al principio y sólo una vez, y generalmente se utiliza para definir el valor de las variables que van a ser utilizadas más adelante, para establecer la posición de los distintos objetos, o si estos serán visibles o no al principio de esa escena. El segundo método se ejecuta cada *frame*, y es útil para realizar comprobaciones de determinados parámetros (por ejemplo, si el jugador ya ha alcanzado una puntuación determinada en el juego).

Estas características de Unity cumplían todos los requisitos necesarios para desarrollar el proyecto propuesto para este Trabajo Fin de Grado, que consiste en un juego serio para el aprendizaje de teoría musical. Es por ello, que fue finalmente escogido como motor de videojuegos para su creación.

ANÁLISIS

En este capítulo se incluye un análisis de requisitos del videojuego, así como los aspectos a considerar en cuanto a su contenido y los criterios de calidad que se aplican a los recursos educativos digitales.

3.1. Catálogo de requisitos

3.1.1. Requisitos funcionales

Se han definido los siguientes requisitos funcionales (RF a partir de ahora) en el juego a desarrollar:

- **RF(1)** El usuario podrá salir del juego pulsando el botón de salida del menú principal.
- **RF(2)** El usuario podrá acceder al menú de selección de islas pulsando el botón de acceso.
- **RF(3)** El usuario podrá seleccionar a qué isla acceder desde el menú de selección de islas.
- **RF(4)** El usuario podrá elegir a qué nivel jugar desde la pantalla de selección de nivel de cada isla.
- **RF(5)** El usuario podrá salir de un nivel pulsando el botón de salida.
- **RF(6)** El usuario podrá volver a escuchar las instrucciones de un nivel pulsando el botón de repetición.
- **RF(7)** En los niveles de “elegir la opción correcta”, el usuario podrá pulsar el botón del altavoz para reproducir un sonido.
- **RF(8)** En los niveles de “elegir la opción correcta”, el usuario podrá pulsar en los distintos objetos con opciones que se presenten.
- **RF(9)** En los niveles de “arrastrar objetos”, el usuario podrá arrastrar los distintos objetos que se presenten.
- **RF(10)** El sistema reproducirá automáticamente las instrucciones de un nivel al entrar en él.
- **RF(11)** El sistema reproducirá automáticamente las explicaciones de un tutorial al entrar en él.
- **RF(12)** En los niveles de “elegir la opción correcta”, el sistema reproducirá el sonido correspondiente cuando el usuario pulse el botón del altavoz.
- **RF(13)** El sistema reproducirá un sonido de acierto si el usuario introduce la respuesta correcta.
- **RF(14)** El sistema reproducirá un sonido de fallo si el usuario introduce la respuesta incorrecta.

3.1.2. Requisitos no funcionales

Se han definido los siguientes requisitos no funcionales (RNF a partir de ahora) en el juego a desarrollar:

- **RNF(1)** Todos los botones del juego tendrán un símbolo en su interior en vez de texto para ser accesible para los usuarios.
- **RNF(2)** Los niveles que requieran un *input* por parte del usuario quedarán esperando hasta recibirlo.
- **RNF(3)** En los niveles de “arrastrar objetos”, el sistema impedirá que el usuario arrastre un objeto que ya se encuentra en la posición correcta.
- **RNF(4)** Todos los niveles al finalizar redirigirán automáticamente al usuario al menú de la isla correspondiente.
- **RNF(5)** El sistema redirigirá al usuario al menú de la isla correspondiente cuando pulse el botón de salida.
- **RNF(6)** El sistema eliminará el progreso de un nivel al salir de él.
- **RNF(7)** El sistema cerrará el juego cuando se pulse el botón de salida.
- **RNF(8)** El sistema debe permitir incorporar nuevas islas sin necesidad de alterar las ya existentes.
- **RNF(9)** El sistema debe permitir incorporar nuevos niveles a las islas sin necesidad de alterar los ya existentes.
- **RNF(10)** El sistema bloqueará los niveles siguientes al que esté haciendo el usuario para obligar a la compleción de los niveles en orden.
- **RNF(11)** El sistema almacenará los progresos del usuario para cargarlos en la próxima sesión.

3.2. Currículo LOMLOE

Los contenidos de teoría musical presentes en el juego son aquellos descritos en el currículo LOMLOE para el primer ciclo de educación primaria en España. Este currículo se refiere al “conjunto de objetivos, competencias, contenidos, métodos pedagógicos y criterios de evaluación de cada una de las enseñanzas reguladas en la presente Ley” [21]. Las competencias a adquirir, en este caso del área de “Música y artes escénicas y performativas”, son las siguientes [22]:

- 1.– El sonido y sus cualidades básicas: discriminación auditiva, clasificación y representación de diversidad de sonidos y líneas melódicas a través de diferentes grafías.
- 2.– La voz y los instrumentos musicales. Principales familias y agrupaciones. Discriminación visual y auditiva. Objetos sonoros. Cotidífonos.
- 3.– El carácter y el tempo.
- 4.– Práctica instrumental, vocal y corporal: aproximación a la experimentación, exploración creativa e interpretación a partir de las propias posibilidades sonoras y expresivas.
- 5.– Construcción asistida de instrumentos con materiales del entorno.
- 6.– Lenguajes musicales básicos: aplicación de sus conceptos elementales en la interpretación de propuestas musicales vocales e instrumentales.
- 7.– El cuerpo y sus posibilidades motrices: interés por la experimentación y la exploración a través de ejecuciones individuales y grupales vinculadas con el movimiento, la danza, la dramatización y la representación teatral como medio de expresión y diversión.

8.– Técnicas dramáticas y dancísticas elementales.

9.– Capacidades expresivas y creativas básicas de la expresión corporal y dramática.

En el juego se ha decidido incluir las competencias 1, 2, y 3 del listado anterior puesto que son las que hacen referencia a los conceptos teóricos musicales. Respecto al primer punto, en el juego se explicarán los sonidos graves y agudos, las escalas ascendentes y descendentes y las siete notas musicales. En relación al segundo punto, se van a explicar las tres familias de instrumentos: de viento, de cuerda y de percusión. Sobre el tercer punto, se explicarán la definición de tempo, las figuras musicales de negra, corchea y blanca y sus respectivos silencios.

3.3. Criterios de calidad

En España existen varios criterios oficiales utilizados para medir la calidad de los recursos educativos digitales; durante el desarrollo del juego se considerarán los dos siguientes. El primero es la norma UNE 71362:2020, que es la más usada en España para evaluar materiales educativos digitales (MED), además de estar reconocida por el Ministerio. El segundo es la escala GAMEX, que se ha elegido por ajustarse muy bien al proyecto a desarrollar, ya que evalúa de forma exhaustiva la calidad de los juegos educativos. Hasta ahora no se ha creado una norma oficial que evalúe este aspecto, sino que varias instituciones han creado la suya propia. Esta escala no depende de ninguna institución y se está utilizando cada vez más en los estudios sobre juegos serios educativos. A continuación, se incluye una descripción detallada de estos dos sistemas de evaluación.

3.3.1. Norma UNE

La norma UNE 71362:2020, de la Asociación Española de Normalización, fue creada por el comité de “tecnologías de la información para el aprendizaje” con el objetivo de normalizar “la tecnología de la información destinada al aprendizaje, educación y formación como apoyo para las personas, grupos u organizaciones y para permitir la interoperabilidad y reutilización de los recursos y herramientas” [23]. Esta norma recoge 15 criterios utilizados como recomendaciones de calidad a la hora de crear materiales educativos digitales. A continuación se incluye el nombre y una breve descripción de estos criterios ¹:

- 1.– **Descripción didáctica:** El recurso tiene bien definidos sus objetivos didácticos, los receptores a los que va dirigido, las competencias a desarrollar e incluye indicaciones de uso.
- 2.– **Calidad de los contenidos:** Las explicaciones e instrucciones son claras y comprensibles y se presentan de manera ordenada y coherente.
- 3.– **Capacidad para generar aprendizaje:** El recurso promueve la creatividad, la innovación y el aprendizaje significativo al hacer partícipe al estudiante en su propio aprendizaje y estimula el espíritu crítico y la reflexión.

¹ <https://intef.es/formacion/educacion-digital-de-calidad/une-71362/>

- 4.– **Adaptabilidad:** Los contenidos del recurso están adaptados a los distintos tipos de estudiantes, su nivel y estilo de aprendizaje y presenta distintos caminos de enseñanza.
- 5.– **Interactividad:** El estudiante puede interactuar con el recurso, las actividades son variadas y se registra el progreso en ellas y el aprendizaje es dirigido.
- 6.– **Motivación:** El recurso presenta los contenidos de manera innovadora, desarrolla la autonomía del estudiante, se adecúa a su ritmo de aprendizaje, incrementa su competencia social y está vinculado a sus experiencias vitales.
- 7.– **Formato y diseño:** El recurso está organizado, es intuitivo y presenta contenidos audiovisuales variados y de calidad.
- 8.– **Reusabilidad:** El recurso permite añadir más módulos y reorganizarlos.
- 9.– **Portabilidad:** El recurso tiene un formato estándar y puede ser usado en varios dispositivos con o sin conexión a internet.
- 10.– **Robustez; estabilidad técnica:** El recurso se ejecuta rápidamente y sin fallos.
- 11.– **Estructura del escenario de aprendizaje:** Los títulos de los escenarios son descriptivos, la información es coherente y significativa y existe movilidad entre escenarios permitiendo avanzar, retroceder o interactuar de otras maneras.
- 12.– **Navegación:** Los enlaces en el recurso funcionan y proporcionan información relevante.
- 13.– **Operabilidad:** El manejo del recurso es intuitivo y permite utilizar periféricos.
- 14.– **Accesibilidad del contenido audiovisual:** El contraste de las imágenes con los fondos es adecuado, se proporciona una alternativa textual a los elementos audiovisuales y se permite controlar la reproducción de contenidos.
- 15.– **Accesibilidad del contenido textual:** La tipografía se lee fácilmente, tiene un tamaño adecuado y crea un buen contraste con el fondo.

3.3.2. Escala GAMEX

La escala GAMEX fue creada en 2018 como resultado de una revisión extensiva de la literatura existente y seis estudios consecutivos. Esta escala se utiliza para medir la experiencia gamificada de los participantes de acuerdo a una serie de criterios, pudiendo puntuarlos del 1 (*totalmente en desacuerdo*) al 5 (*totalmente de acuerdo*) [24]. Está confirmado que la escala GAMEX es un método que provee resultados fiables sobre las diferentes experiencias gamificadas [25]. Los criterios que evalúa esta escala son los siguientes [24]:

- **Diversión:** Mide el grado de disfrute del usuario con el juego.
- **Absorción:** Busca conocer el grado de absorción, de evasión del entorno, de la conciencia y de la falta de noción del tiempo del jugador.
- **Pensamiento creativo:** Evalúa el impacto en la imaginación que percibe el jugador.
- **Activación:** Mide el grado de actividad que el jugador cree haber experimentado.
- **Ausencia de efecto negativo:** Analiza si los jugadores han sentido emociones negativas.
- **Dominio:** Busca conocer la sensación de control del jugador.

DISEÑO

En este capítulo se describen la historia y dinámicas del juego, así como su estructura con los distintos tipos de niveles e islas. Se detallan los niveles que componen cada isla y los conocimientos a adquirir en cada una de ellas.

4.1. Historia y dinámicas

La historia del juego se desarrolla en un archipiélago formado por cuatro islas musicales, donde cada isla está destinada a enseñar distintos conceptos de teoría musical. El objetivo del jugador es ir explorando todas las islas al completar sus niveles. Una vez el jugador haya completado el juego, habrá tenido la oportunidad de aprender y/o repasar todos los conceptos sobre teoría musical que exige el currículo LOMLOE para los estudiantes del primer ciclo de educación primaria en España.

El juego está ideado para servir de apoyo al docente, no para ser únicamente utilizado para el aprendizaje autónomo, es por esto que los tutoriales y niveles son de una longitud corta, ya que se espera seguir trabajando en estos conceptos en el aula. Los conceptos incluidos en el juego están divididos entre las islas de manera que todas ellas tengan una cantidad de contenido y dificultad similares. Asimismo, los distintos conceptos teóricos se han distribuido entre las islas de manera que no existen dependencias entre ellas, y, de mencionar algún concepto que se ha presentado en otra isla, siempre se explica de nuevo. De esta forma, las islas también pueden explorarse de forma independiente y servir para repasar o aprender el concepto o conceptos explicados en cada una de ellas.

4.2. Tipos de niveles

Cada isla está compuesta por tutoriales y niveles intercalados entre ellos, de manera que cada tutorial tenga un nivel que evalúe los conceptos aprendidos en él. Una vez se completan todos los tutoriales y sus niveles correspondientes, hay un nivel final que pone a prueba todos los conceptos aprendidos en esa isla.

Los tutoriales son niveles que no presentan interactividad con el usuario, en los que el habitante de esa isla se presenta y explica los conceptos teóricos que correspondan. Estos niveles están pensados para ser de una longitud corta, con numerosas animaciones, sonidos y ejemplos para mantener el interés de los estudiantes en la explicación.

Dentro de los niveles se distinguen dos dinámicas: de elegir la opción correcta y de arrastrar objetos. En los niveles de elegir la opción correcta, al jugador se le presentan varias imágenes diferentes, y debe pulsar un botón para reproducir un sonido y seleccionar la imagen que se corresponda con el sonido escuchado de entre todas las opciones posibles. En los niveles de arrastrar objetos, el estudiante debe crear asociaciones entre conceptos al arrastrar unos objetos hacia el lugar que les corresponda. Estas dos dinámicas de niveles están presentes tanto en aquellos que evalúan tutoriales, como en el nivel final de cada isla.

4.3. Islas y características

El resumen de las distintas islas, su contenido y el número de niveles de cada tipo se muestra en la tabla 4.1.

Nombre	Contenido	Número de tutoriales	Número de niveles
Isla Escala	Tipos de sonidos y tipos de escalas	2	3
Isla Nota	Las siete notas musicales	2	3
Isla Tempo	Figuras musicales y sus silencios	2	3
Isla Familia	Familias de instrumentos	1	1

Tabla 4.1: Resumen de las características de las islas.

A continuación, se incluye una explicación más exhaustiva de cada isla.

4.3.1. Isla Escala

Isla Escala está compuesta por dos tutoriales, dos niveles que evalúan lo aprendido en los tutoriales y un nivel final. En el primer tutorial, Tiana Araña, la habitante de esta isla, se presenta y explica la diferencia entre los sonidos graves y agudos. Estos conocimientos se trabajan en el primer nivel del tipo “elegir la opción correcta”, donde el jugador pulsa un botón que reproduce el mugido de una vaca y debe de seleccionar si es un sonido grave o agudo.

Más adelante, en el segundo tutorial, Tiana Araña explica el pentagrama y las escalas ascendentes y descendentes, todo ello acompañado de audios con ejemplos de las distintas escalas. El segundo nivel, del tipo “elegir la opción correcta”, evalúa estos conceptos con un ejercicio donde el jugador pulsa un botón que reproduce el audio de una escala y debe de seleccionar si se trata de una escala

ascendente o descendente.

Finalmente, todos los conceptos aprendidos son evaluados en un nivel final del tipo “arrastrar objetos”, que combina los conceptos sobre sonidos graves y agudos y escalas ascendentes y descendentes. El jugador se encuentra con tres peces que al tocarlos reproducen una nota distinta; el objetivo es identificar cómo de grave o aguda es la nota que reproducen y crear una escala ascendente arrastrando los peces a la posición que les corresponda.

4.3.2. Isla Nota

Isla Nota está compuesta por dos tutoriales, dos niveles que evalúan lo aprendido en los tutoriales y un nivel final. En el primer tutorial, Vicente Serpiente, el habitante de esta isla, se presenta, comenta qué son las notas musicales y explica en profundidad las notas “do”, “mi”, “sol” y “si”. Se ha decidido explicar estas cuatro notas, que no van seguidas en el pentagrama, para que en el siguiente tutorial, que presenta las tres notas restantes, el estudiante pueda entender mejor que las posiciones en el pentagrama vienen determinadas por lo agudas o graves que sean las notas. Estos conocimientos se trabajan en el primer nivel del tipo “arrastrar objetos”, donde el jugador se encuentra con un pentagrama con cuatro huecos y las notas aprendidas hasta el momento desordenadas en la parte inferior. Se debe clicar en cada nota, que reproducirá su sonido, y arrastrarlas hasta su posición correcta en el pentagrama.

En el segundo tutorial, Vicente Serpiente explica las notas musicales restantes: “re”, “fa” y “la”, permitiendo al estudiante entender que estas notas están entremedias de las explicadas anteriormente porque son más graves que unas y más agudas que otras. El segundo nivel es de una dinámica similar al anterior, pero con las tres notas nuevas que se han explicado en este tutorial.

Finalmente, todos los conceptos aprendidos sobre las siete notas musicales, su posición en el pentagrama y el sonido que producen son aplicados en un nivel final del tipo “elegir la opción correcta”. El jugador pulsa un botón que reproduce un audio de cuatro notas musicales seguidas y se le presentan cuatro opciones con distintas notas colocadas en el pentagrama. Se debe seleccionar, de entre las cuatro opciones posibles, qué opción se corresponde con las notas que han sonado en el audio. Este ejercicio está pensado para que el estudiante, además de reconocer el sonido de cada nota, identifique la progresión entre notas graves y agudas.

4.3.3. Isla Tempo

Isla Tempo está compuesta por dos tutoriales, dos niveles en los que se ejercita lo aprendido en los tutoriales y un nivel final. En el primer tutorial, Martina Delfina, la habitante de esta isla, se presenta y explica qué son las figuras musicales, entrando en detalle en la negra, la corchea y la blanca, utilizando el sonido de un metrónomo como referencia para poder calcular el número de pulsos de cada figura.

A lo largo de la explicación se ha tomado como referencia la negra, que dura un pulso, para que los estudiantes entiendan que las otras dos figuras duran la mitad o el doble que ésta. Estos conocimientos se trabajan en el primer nivel del tipo “elegir la opción correcta”, donde el jugador pulsa un botón que reproduce cuatro notas musicales utilizando distintas figuras con el sonido de un metrónomo de fondo como guía. Se debe elegir la opción que se corresponda con las figuras escuchadas de entre las cuatro opciones posibles.

Más adelante, en el segundo tutorial, Martina Delfina explica el silencio de negra, de corchea y de blanca, relacionándolos con sus figuras correspondientes para hacer entender al estudiante que los pulsos pueden tener o no sonido dependiendo de si hay una figura o un silencio. El segundo nivel, del tipo “arrastrar objetos”, pide al estudiante que arrastre cada tipo de silencio hasta el recuadro que se corresponda con el número de pulsos que dura.

Finalmente, todos los conceptos aprendidos son aplicados en un nivel final del tipo “elegir la opción correcta”, similar al primer nivel de la isla. El jugador pulsa un botón que reproduce un audio con una serie de notas y silencios y el sonido de un metrónomo de fondo como guía. Se presentan cuatro opciones compuestas por distintas combinaciones de figuras y silencios, y se debe seleccionar la opción que se corresponda con el audio de entre las cuatro opciones disponibles.

4.3.4. Isla Familia

Isla Familia está compuesta por un tutorial y un único nivel final. En el tutorial, Pim, Pam y Pum, los habitantes de esta isla, se presentan y explican las tres familias de instrumentos, sus características y ejemplos de instrumentos de cada familia. En el nivel final, del tipo “arrastrar objetos”, al jugador se le presentan tres instrumentos: un arpa, unas maracas y un saxofón, y debe arrastrar cada instrumento a la casa que le corresponda, dependiendo de si es de la familia de viento, de cuerda o de percusión.

4.4. Recursos utilizados

Todos los recursos utilizados para el videojuego son gratuitos y de libre acceso, algunos requiriendo dar créditos al autor. Los recursos utilizados son los siguientes:

- Las imágenes se han obtenido de la página web “Freepik”¹. Esta página web requiere dar créditos a los autores si se está utilizando una cuenta gratuita, como es el caso. La propia página determina el formato con el que acreditar el trabajo, pero debido a su longitud y la gran cantidad de recursos utilizados, se incluyen en el apéndice A de este documento.
- Los sonidos de instrumentos y animales se han obtenido de la página web “pixabay”². Esta página web no requiere dar créditos a los autores pero sí a la propia página.

¹<https://www.freepik.es/>

²<https://pixabay.com/es/sound-effects/>

- Los efectos de sonido, la música de fondo y los botones utilizados se han obtenido de la *Unity Asset Store*. No se requiere dar créditos a los autores mientras su contenido se haya obtenido de la página web oficial. Todos los paquetes están sujetos a la licencia *Standard Unity Asset Store EULA* que permite usar los contenidos tanto para uso comercial como no comercial, mientras no se revendan.
- La inspiración para las explicaciones se ha obtenido de los libros “FanFest Primaria”³ de la editorial “Edelvives”.
- Para crear las voces de los personajes se ha utilizado el programa “Audiate”⁴ haciendo uso de la prueba gratuita.

4.5. Accesibilidad

El videojuego se ha diseñado de manera que esté adaptado a estudiantes del primer ciclo de educación primaria, equivalente a edades de 6 y 7 años. Para facilitar el aprendizaje, se ha incluido la menor cantidad de texto posible, ya que en esa etapa educativa aún no se lee con la suficiente soltura y esto hubiese provocado frustración al tener que hacer un esfuerzo adicional para la lectura. De este modo, tanto los diálogos de los tutoriales como las instrucciones de los niveles son en formato de audio en vez de texto.

A su vez, el videojuego permite escuchar de nuevo las instrucciones tantas veces como sea necesario, asegurando una correcta comprensión. Por otro lado, se han incluido multitud de animaciones dinámicas, efectos de sonido, música y dibujos llamativos para que la tarea de aprender resulte atractiva a los estudiantes, pero sin sobrecargar las escenas de forma que pudiera llegar a distraer a los jugadores. Finalmente, debido a la falta de tiempo y recursos, no ha sido posible adaptar el videojuego a estudiantes con necesidades especiales. Aun así, se contempla como trabajo futuro el desarrollo de un videojuego específico adaptado a estas necesidades contando con la orientación de profesionales en este ámbito.

³<https://edelvives.com/es/conoce-nuestros-libros-fanfest-primaria>

⁴<https://www.techsmith.es/camtasia/audiate>

IMPLEMENTACIÓN

En este apartado se examina cómo se han implementado las distintas funcionalidades y escenas del juego utilizando Unity. Por un lado, se hace referencia a las escenas de inicio, de selección de isla, de selección de nivel de cada isla y de cada nivel. Por otro lado, se detalla la implementación de los tres tipos de niveles: tutoriales, niveles de elegir la opción correcta y niveles de arrastrar objetos.

5.1. Manejo de escenas

Para este juego se han utilizado las siguientes escenas: una pantalla de inicio, una pantalla de selección de isla, una pantalla con el menú de selección de nivel dentro de cada isla y una pantalla para cada nivel. El manejo entre todas estas escenas se hace mediante el *script* *ManejoEscenas.cs*, donde cada escena tiene un nombre asignado, y para lanzarla se utiliza el método de Unity *SceneManager.LoadScene()*. Todos los métodos en este *script* son públicos, garantizando que sean accesibles desde los distintos botones del juego y permitiendo añadir parámetros manualmente para reutilizar código.

En el caso de la escena de inicio y la de selección de isla, al ser únicas, directamente se lanzan utilizando su nombre. Sin embargo, para las escenas del menú de selección de nivel y de los propios niveles, al ser la misma funcionalidad para todas las islas, es posible reutilizar código. Para ello, a cada isla se le ha asignado un nombre siguiendo el patrón “Isla” concatenado con un id (Isla Escala es “Isla1”, Isla Nota es “Isla2”, Isla Tempo es “Isla3” e Isla Familia es “Isla4”). Este id se introduce de manera manual en el editor de Unity de forma que el método que lo utilice pueda acceder a él. Este método usa la palabra “Isla” junto con el id que recibe por parámetro para crear el nombre de la escena correcta.

Respecto del nombre de las escenas de cada nivel se utiliza una idea similar a la descrita anteriormente. Cada nivel tiene un nombre compuesto por las iniciales de la isla, concatenadas con “Nivel” y el id del nivel (que nuevamente se asigna de manera manual). Por ejemplo, el nivel 2 de Isla Escala tendría el nombre “IENivel2”. El método encargado de lanzar la escena de un nivel primero obtiene el nombre de la isla en la que se está en ese momento, genera el nombre siguiendo el patrón para los

niveles de esa isla, y utiliza el id que obtiene por parámetro.

5.2. Niveles de tutorial

Cada tutorial tiene su propio *script* debido a que los diálogos, los objetos y la coordinación entre ambos varía de un tutorial a otro. La dinámica de estos niveles es la siguiente: el habitante de esa isla aparece en pantalla con una animación, se presenta y explica los conceptos teóricos utilizando múltiples animaciones, efectos de sonido, y audios con ejemplos. Una vez haya terminado la explicación, el personaje anima al estudiante a explorar su isla, se despide, y automáticamente se sale del tutorial, volviendo el menú de selección de nivel de esa isla.

Primero, con el método *Start()* se determina la posición de los distintos objetos, si procede, se establece si están ocultos o no y se realiza una llamada a la primera corrutina del tutorial. Simultáneamente, el método *Update()* se utiliza para programar la animación inicial con la que aparece el personaje en pantalla.

El desarrollo del tutorial se realiza mediante llamadas anidadas a corrutinas, siendo la primera la llamada que se realiza desde el método *Start()* que se mencionaba anteriormente. Las corrutinas se declaran como *IEnumerator* y permiten la ejecución secuencial de código, a diferencia de los métodos habituales. Cada corrutina en el juego se encarga de reproducir un audio de todos los que componen la explicación, y de ir mostrando los distintos elementos utilizando animaciones y efectos de sonido. Tras finalizar la última corrutina correspondiente a la despedida del personaje, termina el tutorial y automáticamente se lanza la escena del menú de selección de niveles de la isla que corresponda.

5.3. Niveles de elegir la opción correcta

En estos niveles al jugador se le presentan imágenes con varias opciones. Tras pulsar un botón para reproducir un sonido, se debe seleccionar la imagen que se corresponda con el sonido escuchado de entre todas las opciones posibles. Este tipo de niveles están compuestos por: un botón para volver al menú principal, un botón para reproducir de nuevo las instrucciones, un botón para reproducir el sonido y un botón por cada imagen con opciones.

Todo el nivel se gestiona mediante el editor de Unity y un único *script* llamado *OpcionCorrecta.cs* diseñado para reutilizarse en todos los niveles de este tipo. Para lograrlo, se han declarado como públicos los atributos de los audios, para poder seleccionar manualmente desde el editor el audio de cada nivel, y los botones, para seleccionar manualmente que hagan referencia a los de ese nivel concreto. Para manejar las imágenes con las opciones, se ha declarado como atributo público una tabla de objetos, sin especificar su tamaño. Esto permite editar el número de elementos desde el

editor, ya que hay niveles que tienen dos opciones y otros que tienen cuatro. Para poder identificar cuál es la opción correcta, en el código se ha establecido que siempre sea el objeto que se encuentra en la primera posición en la tabla. Esto es posible de implementar porque el editor permite determinar manualmente qué objeto ocupa cada posición, seleccionando aquel que estará en la posición 0 de la tabla.

Al comenzar el nivel se empiezan a reproducir las instrucciones automáticamente. Mientras se estén reproduciendo no se permite al jugador interactuar con ningún botón, para así asegurar que el estudiante escucha las instrucciones y evitar que se pulsen todas las opciones, entre ellas la correcta, y finalice el nivel sin haber escuchado, por lo menos, las instrucciones al completo. Una vez finalizan las instrucciones, comienza el nivel y se habilita cierta interactividad, aunque no se permite pulsar las opciones sin haber escuchado al menos una vez el sonido de ese nivel. Tanto el botón del sonido como el de repetir instrucciones están programados para que no sea posible pulsar muchas veces los botones y solapar el sonido. A su vez, si hay algún sonido reproduciéndose (bien pudiendo ser el sonido del nivel o las instrucciones), no se permite interactuar con otro botón hasta que finalice el sonido.

Finalmente, si ya se ha reproducido al menos una vez el sonido del nivel y no hay otro sonido reproduciéndose, se puede seleccionar alguna de las opciones. Para implementar esta funcionalidad se han utilizado dos componentes propios de los objetos de Unity: *Box Collider 2D* y *Rigidbody 2D*. El primer componente sirve para detectar si el objeto ha sufrido alguna colisión, en este caso, la del propio jugador clicando sobre él. El segundo componente permite añadir físicas al objeto, en este caso se ha eliminado la gravedad para que la opción se mantenga en pantalla.

Cada vez que se selecciona una opción incorrecta, se reproduce un sonido de error y si se selecciona la opción correcta, se reproduce un sonido de acierto. Cuando esto último ocurre, se escucha un audio indicando que se ha superado el nivel, o de ser el último nivel de la isla se menciona que ya se ha explorado toda la isla. Al finalizar el audio se redirige automáticamente al jugador al menú de selección de niveles de la isla que corresponda.

5.4. Niveles de arrastrar objetos

En estos niveles al jugador se le presentan varios objetos y posiciones donde colocar los objetos. El objetivo es asociar el sonido que produce cada objeto con el concepto correspondiente arrastrando el objeto a la posición correcta. Este tipo de niveles están compuestos por: un botón para volver al menú principal, un botón para reproducir de nuevo las instrucciones, los distintos objetos y las posiciones donde han de colocarse. Todo ello se gestiona mediante el editor de Unity y los siguientes *scripts*:

- **DragDrop.cs**: implementa la lógica de coger, arrastrar y depositar objetos, de comprobar si cada objeto está en la posición correcta y de evitar que el jugador saque fuera de la pantalla los objetos.

- **RepeatInstrucciones.cs**: permite que se repitan las instrucciones al pulsar el botón y evita que se solape el sonido si se pulsa muchas veces. No se ha utilizado este *script* en los niveles de “elegir la opción correcta” porque depende de un *flag* que se activa en el *script* comentado en el punto anterior.
- **ReproduceSonido.cs**: maneja los sonidos que reproducen los objetos al pulsarlos.
- **ReproduceTexto.cs**: reproduce los diálogos de instrucciones y despedida, así como redirigir al jugador a la isla correspondiente al terminar el nivel.

Los *scripts* anteriores han sido diseñados para reutilizarse en todos los niveles de este tipo. Para lograrlo, se han declarado como públicos todos los atributos de los audios en todos los *scripts*, para poder seleccionar manualmente desde el editor el audio de cada nivel, y del botón de repetir instrucciones, para seleccionar manualmente el audio de instrucciones que corresponda a cada nivel. Para manejar los distintos objetos y sus posiciones se han declarado como atributos públicos dos tablas sin un tamaño especificado. Esto permite configurar el número de objetos y posiciones desde el editor, ya que varía de un nivel a otro. Para identificar cuándo un objeto está en su posición correcta se ha creado una asociación entre el índice de la tabla de elementos y la de posiciones: el objeto con el índice 0 de la tabla de objetos va en la posición con índice 0 de la tabla de posiciones, y así sucesivamente. Esto es posible de implementar porque el editor permite determinar manualmente qué objeto ocupa cada posición en una tabla.

Al comenzar el nivel se empiezan a reproducir las instrucciones automáticamente. Mientras se estén reproduciendo no se permite al jugador interactuar con los objetos o el botón para reproducir instrucciones para así asegurar que el estudiante entiende el objetivo del nivel. Una vez finalizan las instrucciones, comienza el nivel y se habilita la interactividad: el estudiante puede tocar los objetos, arrastrarlos y pulsar el botón de repetir instrucciones. Éste, nuevamente, está programado para que de pulsarse muy seguido no se solape el sonido. Cada vez que se coloca un objeto en su posición correcta se reproduce un sonido de acierto, aparece un dibujo de un *check* y se deshabilita la interactividad del objeto, impidiendo al estudiante moverlo de nuevo. De colocarse el objeto en una posición incorrecta, se reproduce un sonido de error y el objeto se queda en el mismo lugar permitiendo recolocarlos.

A diferencia de los niveles de “elegir la opción correcta”, en estos niveles sí se permite interactuar con los objetos mientras se están reproduciendo las instrucciones. Se ha decidido que sea de esta manera porque puede ser de ayuda para algunos estudiantes el poder escuchar las instrucciones y realizar las acciones simultáneamente. Para poder arrastrar los objetos y detectar cuándo se colocan en alguna posición, nuevamente se han utilizado los componentes *Box Collider 2D* y *Rigidbody 2D*. El primer componente, en este caso, se ha usado para detectar las colisiones entre los distintos objetos y posiciones; se ha desactivado la colisión entre objetos entre sí. El segundo componente es el elemento que permite que los objetos puedan arrastrarse de un lugar a otro.

Para determinar qué objetos están ya en su posición correcta, y cuántos quedan por colocar no se podía utilizar un *flag* habitual, ya que en Unity los *scripts* se ejecutan cada *frame*, reiniciando el valor de la variable constantemente. Para solucionarlo se ha utilizado una clase especial de Unity llamada

PlayerPrefs, que permite almacenar datos de la sesión actual en forma de entero, cadena o coma flotante. Para crear la variable que almacene qué objeto se ha colocado en la posición correcta se ha utilizado el método *PlayerPrefs.SetInt()* que asocia una cadena de caracteres (en este caso “objeto0”, “objeto1”, etc.) con un entero (se ha decidido que sea 1 si el objeto ya está en su sitio). Simultáneamente, el método *Update()* recorre todos los índices de la tabla utilizando el método *PlayerPrefs.GetInt()* que comprueba si la cadena de caracteres asociada a cada objeto es 1, para así saber cuándo han sido colocados todos los objetos.

Finalmente, si todos los objetos se han situado en su posición correcta, se reproduce un audio indicando que se ha superado el nivel, o de ser el último nivel de la isla se anuncia que ya se ha explorado toda la isla. Si se diese la casualidad de que al terminar el nivel estaban sonando las instrucciones (por haber dado al botón de repetir instrucciones), éstas pararían y comenzaría el audio de despedida. Al finalizar el audio se redirige automáticamente al jugador al menú de selección de niveles de la isla que corresponda.

PRUEBAS

En este apartado se incluyen las pruebas de validación y verificación realizadas. Dentro de las pruebas de validación se encuentran las de validación de requisitos y de normativas, incluyendo la norma UNE 71362:2020 y la escala GAMEX. En relación a las pruebas de verificación, se han buscado errores en el código de los distintos niveles, se han hecho pruebas de integración comprobando que la navegación es correcta y se ha confirmado que el juego funciona en Windows, Linux y Mac OS.

6.1. Pruebas de validación

En primer lugar, se han hecho pruebas de validación de los requisitos que se mencionaron en el capítulo 3 de este documento. Se han cumplido con todos los requisitos funcionales establecidos para el juego. También se han satisfecho todos los requisitos no funcionales a excepción del requisito número 10 (“el sistema bloqueará los niveles siguientes al que esté haciendo el usuario para obligar la compleción de los niveles en orden”) y el número 11 (“el sistema almacenará los progresos del usuario para cargarlos en la próxima sesión”). Esto se debe a que se han priorizado otros requisitos más relevantes y, finalmente, se ha preferido dejar la persistencia de datos y bloqueo de niveles como trabajo futuro junto con otras mejoras que pueden aprovechar estas funcionalidades.

A su vez, en el capítulo 3 del trabajo se mencionaron distintos criterios de calidad para evaluar los recursos educativos digitales o juegos educativos. A continuación, se va a confirmar si el juego creado cumple con los criterios establecidos por la norma UNE 71362:2020 y la Escala GAMEX.

Respecto a la norma UNE 71362:2020, la manera de evaluar la calidad de un recurso es mediante dos rúbricas donde se puntúan los criterios con un 0 o un 1. Una de estas rúbricas se ha desarrollado para que el estudiante indique cómo ha sido su experiencia con el recurso, y la otra tiene como finalidad que el docente pueda comprobar los criterios de calidad que cumple su recurso. En este trabajo se ha utilizado la rúbrica para el perfil de docente, que es el creador del recurso educativo. Debido a su extensión, no se reproduce a continuación la rúbrica completada para el juego desarrollado, pero está disponible en el apéndice B. A su vez, se han usado las rúbricas pertenecientes a la versión de esta norma del año 2017, ya que no estaban disponibles las más recientes del año 2020 de manera gratuita

en las bases de datos proporcionadas por la universidad.

Respecto a la escala GAMEX, para hacer las pruebas de validación hubiera sido necesario contactar con un docente que impartiese el currículo de música en educación primaria para que implementase el juego en su aula. Esto no ha sido posible al no contar con los contactos necesarios para ello dentro del tiempo disponible. Hubiese sido interesante poder llevar a cabo esta evaluación para medir si verdaderamente el juego tiene impacto en el aprendizaje. Aun así, se incluye en el apéndice C la escala a rellenar por los estudiantes para evaluar su experiencia de gamificación y se deja como trabajo futuro la implementación de esta escala.

6.2. Pruebas de verificación

Unity realiza múltiples comprobaciones en el código al compilar el juego para probarlo, lo que equivaldría a realizar unas pruebas similares a las unitarias. A su vez, el código no genera datos nuevos a partir de los existentes, sino que realiza acciones con los objetos que se han seleccionado manualmente desde el editor de Unity, eliminando posibles errores por situaciones no contempladas. Por ejemplo, no es posible que se acceda a un índice no existente en una tabla de objetos, porque los objetos se han introducido en la tabla manualmente desde el editor y el tamaño de la tabla siempre es el mismo. Tampoco es posible que un objeto o un audio sea nulo porque, de darse el caso, la terminal de Unity produce un error e impide probar el juego hasta que el error se haya arreglado.

Aun así, se ha probado manualmente cada nivel buscando posibles fallos en el código. En el caso de los tutoriales no se detectó ningún problema, sin embargo, en los niveles se han encontrado y solucionado los siguientes errores:

- En los niveles del tipo “arrastrar objetos”, el código permitía arrastrarlos fuera de la pantalla. Para solucionar este problema se creó un método que establecía los límites de la pantalla y no permitía que ningún objeto se pasara de ellos.
- En los niveles del tipo “elegir la opción correcta”, el código permitía pulsar múltiples veces el botón del sonido, solapando varios audios entre ellos. Este problema se arregló añadiendo una función que no permitiese volver a pulsar el botón hasta que el audio que se estaba reproduciendo hubiese terminado.
- En relación al punto anterior, el código permitía en ambos tipos de niveles, pulsar el botón de repetir las instrucciones múltiples veces llegando a solapar varios audios entre ellos. Para arreglar este problema se utilizó la misma solución que en el punto anterior.
- En los niveles de “elegir la opción correcta”, el código permitía reproducir dos sonidos simultáneamente, provocando que no se entendiese bien ninguno de ellos. Este problema se arregló añadiendo una variable que se activase al reproducirse un sonido, y realizando una comprobación en todos los elementos que producían sonido para impedir que se reprodujese su audio si la variable estaba activada.
- En los niveles de “arrastrar objetos” de Isla Nota, debido al pequeño tamaño de las notas a arrastrar, era posible esconderlas completamente detrás de los botones de salida y repetir instrucciones, impidiendo poder agarrarlas de nuevo. Para evitar esconder las notas se ha reducido el espacio del eje “x” donde pueden arrastrarse objetos. Aun así, en otros niveles de este tipo, es posible esconder un pequeño trozo del objeto detrás de los botones,

pero como no implica perder el objeto y tener que reiniciar el nivel no se ha considerado necesario modificar este comportamiento.

- En relación al punto anterior, también era posible arrastrar las notas detrás de la imagen del pentagrama a partir de cierta coordenada vertical, impidiendo verlas y poder agarrarlas de nuevo. Para arreglar este problema se ha requerido una solución más específica. Debido a que en otras islas los objetos de estos niveles estaban en una posición inicial del eje “y” más alta, no se podía establecer un límite general, pues al tocar un objeto se iba a desplazar a ese límite. Finalmente, se ha incluido un *flag* público con el que marcar si se está en Isla Nota, y se modifica el límite vertical únicamente en estos casos. Esto no ha supuesto mucha incomodidad a la hora de programar porque por defecto la variable está desmarcada, y sólo ha sido necesario marcarla en dos niveles concretos.

También se han hecho pruebas de integración de todas las pantallas para asegurar que el botón de salir lleva a la pantalla correspondiente, y tras finalizar un nivel se redirige al jugador a la pantalla correcta. No se han encontrado problemas en este aspecto.

Finalmente, ya exportado el juego como fichero ejecutable, se han hecho pruebas para confirmar que funciona en los tres sistemas operativos estipulados: Windows, Linux y Mac OS. Al estar utilizando Windows en el desarrollo, el módulo necesario para exportar el juego en este sistema operativo ya venía instalado. Sin embargo, ha sido necesario instalar los módulos “Linux Build Support (Mono)” y “Mac Build Support (Mono)” para poder exportar el juego en formatos compatibles para cada sistema operativo. Se han hecho pruebas en varios ordenadores con Windows y no se han detectado problemas. Por otro lado, al probarlo en Linux y Mac OS, había problemas con la resolución de la pantalla, no adaptándose correctamente el juego al tamaño adecuado provocando que no se viese entero. Finalmente, para solucionar este problema, se ha establecido que el tamaño sea 1920 x 1080 (la resolución utilizada en el desarrollo) para todos los sistemas operativos y así evitar problemas de compatibilidad. Con este cambio, el juego funciona correctamente y se adapta a todo tipo de pantallas en Windows, Linux y Mac OS.

RESULTADOS

El proyecto de Unity, junto con las instrucciones de cómo importarlo, y los ejecutables del juego para los distintos sistemas operativos pueden encontrarse en este enlace al repositorio de GitHub ¹.

Se ha utilizado la herramienta Unity para desarrollar un juego serio para la enseñanza de teoría musical. Los contenidos explicados son aquellos que establece el currículo LOMLOE para los estudiantes del primer ciclo de educación primaria. El objetivo del juego es explorar las cuatro islas del archipiélago musical completando sus distintos niveles. Estas islas son: Isla Escala, que cubre los conceptos de sonidos agudos y graves y escalas ascendentes y descendentes; Isla Nota, que enseña el pentagrama y las siete notas musicales; Isla Tempo, que abarca los conceptos de tempo, las figuras musicales de negra, corchea y blanca y sus respectivos silencios; y por último, Isla Familia, que explica las familias de instrumentos. Las tres primeras islas están compuestas por un total de dos tutoriales, dos niveles y un nivel final cada una, mientras que la última isla contiene un tutorial y un nivel final.

Al iniciar el juego, aparece la pantalla mostrada en la figura 7.1, donde el jugador puede salir del juego o acceder al menú de selección de islas.

¹<https://github.com/eperezgil/TFGIslasMusicales.git>

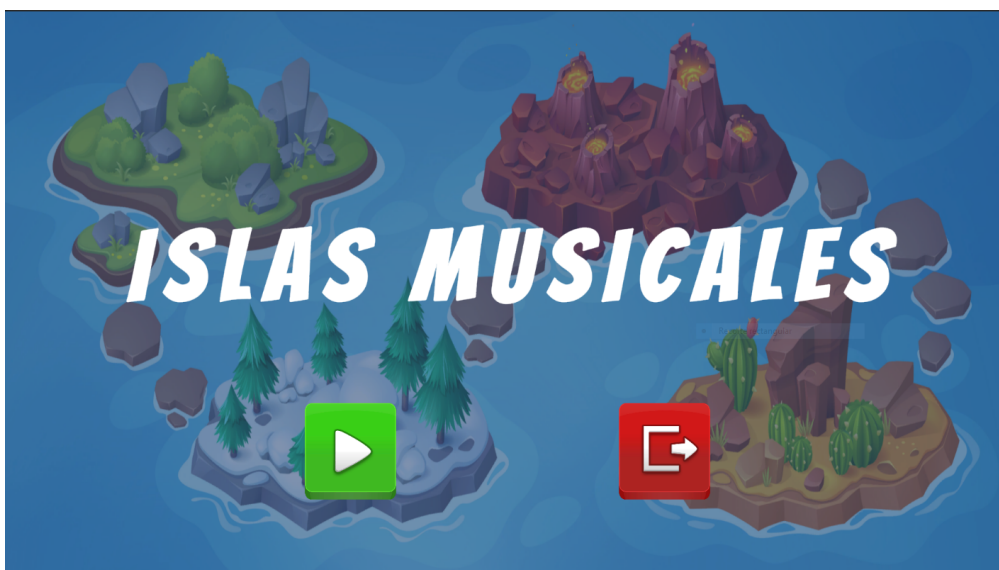


Figura 7.1: Menú principal del juego.

Dentro del menú de selección de islas, mostrado en la figura 7.2, el jugador puede elegir la isla a la que acceder.



Figura 7.2: Menú de selección de isla.

En el caso de Isla Escala, Isla Nota e Isla Tempo, hay cinco niveles totales: dos tutoriales y tres niveles de evaluación de conocimientos. En la figura 7.3 se muestra un ejemplo de un menú de cinco niveles.



Figura 7.3: Ejemplo de isla con cinco niveles.

Por otro lado, como se muestra en la figura 7.4, Isla Familia es la única isla que tiene dos niveles: un tutorial y un nivel de evaluación de conocimientos.



Figura 7.4: Ejemplo de isla con dos niveles.

Los tutoriales no presentan interactividad para el usuario, y están compuestos de distintos audios con dibujos y animaciones. En la figura 7.5 se muestra como ejemplo el primer tutorial de Isla Tempo.

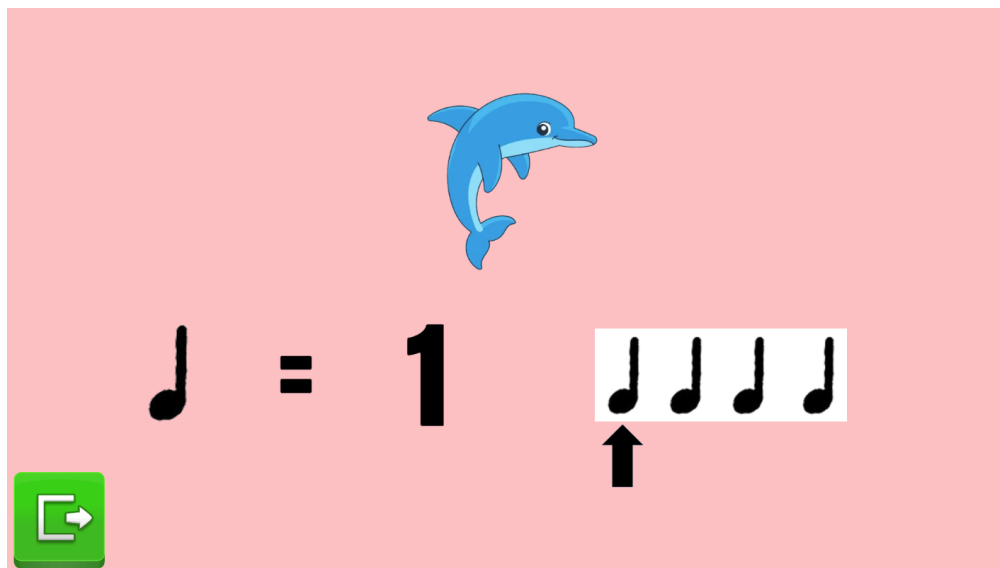


Figura 7.5: Ejemplo de tutorial.

Dentro de los niveles de evaluación de conocimientos se distinguen dos tipos. El primero es del tipo “elegir la opción correcta”. En la figura 7.6 se muestra un ejemplo de este tipo de nivel, perteneciente a Isla Escala, donde el jugador pulsa el botón del altavoz para reproducir un sonido y debe de elegir si el sonido se corresponde con una escala ascendente o descendente.

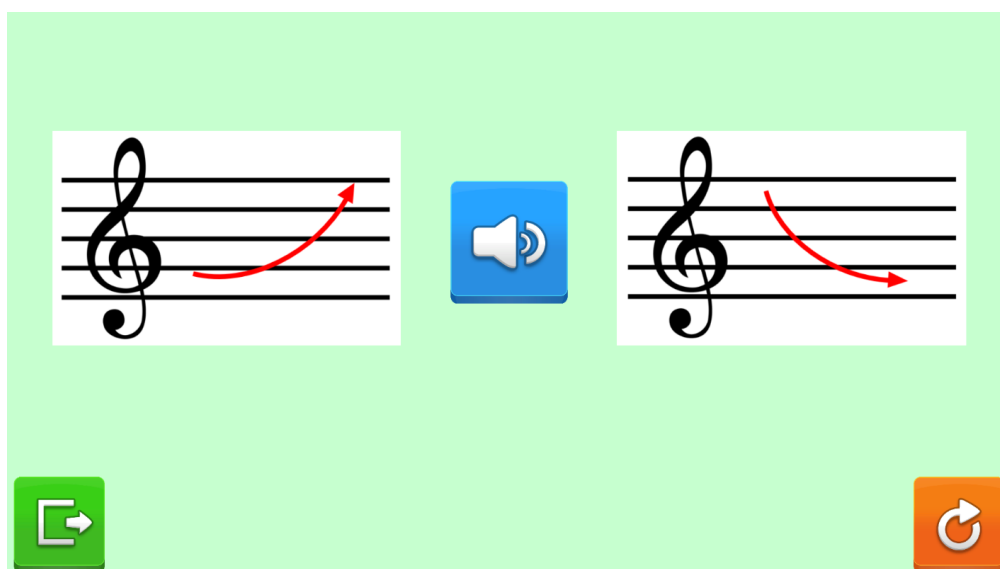


Figura 7.6: Ejemplo de nivel del tipo “elegir la opción correcta”.

El otro tipo de nivel de evaluación de conocimientos es del tipo “arrastrar objetos”. En la figura 7.7 se muestra un ejemplo de este tipo de nivel, perteneciente a Isla Nota, donde el jugador debe arrastrar cada nota a su posición correspondiente en el pentagrama.

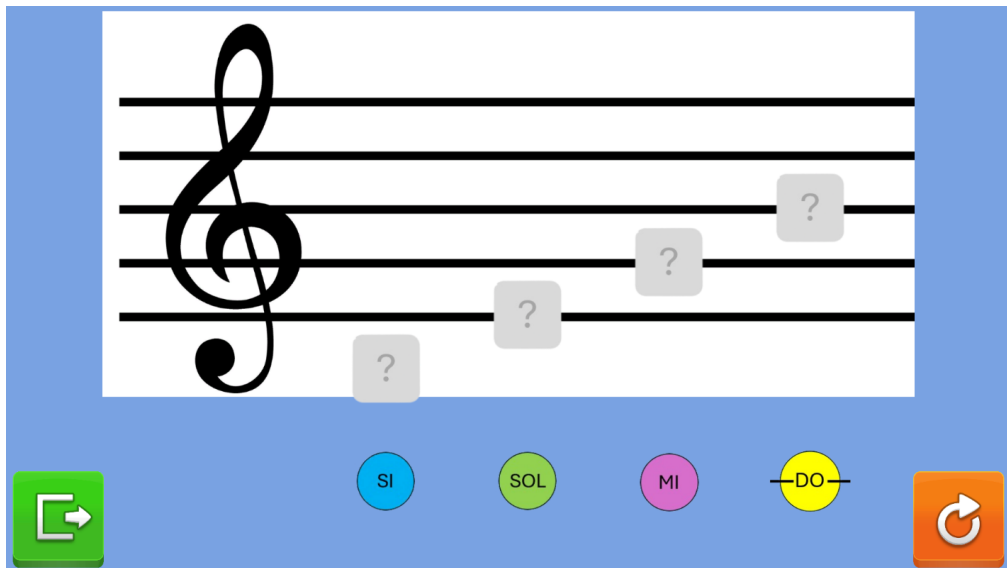


Figura 7.7: Ejemplo de nivel del tipo “arrastrar objetos”.

CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y TRABAJO FUTURO

8.1. Conclusiones

El objetivo final de este Trabajo Fin de Grado era elaborar un juego serio que sirviese como apoyo al docente en la enseñanza de teoría musical a estudiantes del primer ciclo de educación primaria en España. Para ello se ha analizado cuál es el papel actual de los recursos educativos digitales en el aprendizaje, así como cuáles son los criterios de calidad que deben reunir estos materiales educativos digitales (MED). Más adelante se ha consultado cuáles son los distintos conceptos de teoría musical exigidos por el currículum LOMLOE, se han extraído los requisitos necesarios en la fase de análisis y se ha diseñado un videojuego que incluyese estos dos aspectos.

El videojuego creado ha sido desarrollado en Unity y consiste en un archipiélago con cuatro islas, contando con un total de siete tutoriales y diez niveles. Mediante los tutoriales se enseñan distintos conceptos de teoría musical, para posteriormente practicarlos en los niveles. Esta dinámica está pensada para ser un videojuego de apoyo al docente, de manera que los estudiantes aprendan los conceptos más tediosos utilizando el videojuego para posteriormente ampliar la explicación en clase con otros ejemplos prácticos o juegos. El videojuego está disponible para ordenador en Windows, Linux y Mac OS. Se ha confirmado que no existen en los repositorios oficiales recursos educativos digitales en abierto destinados a la enseñanza de teoría musical, por lo que si en la fase de pruebas se confirma que el videojuego desarrollado favorece el aprendizaje, podría ser un material educativo no sólo novedoso, sino útil. Finalmente, se han hecho las pruebas de validación y verificación correspondientes analizando la calidad didáctica y técnica del recurso, el nivel de cumplimiento de los requisitos, posibles fallos en el código y compatibilidad con sistemas operativos.

8.2. Limitaciones

Durante el desarrollo del juego han surgido ciertas limitaciones que han dificultado el trabajo de programación, o han impedido desarrollar algún aspecto de la idea original que se tenía del juego. Una de ellas surge de la propia plataforma Unity, que lleva arrastrando un error en varias versiones del

programa que no permite utilizar audios en formato mp3, creando la necesidad de convertirlos a otro formato. Otra limitación se refiere a los dispositivos donde está disponible el juego, siendo posible jugar únicamente mediante ordenador. Unity contiene métodos especializados para recibir *input* de forma táctil, sin embargo la manera de probar que funciona es exportando el juego y probándolo en algún dispositivo con pantalla táctil cada vez que se haga algún cambio, o utilizando una clase específica y añadiendo una extensión que permite simular el *input* táctil con el ratón. La primera opción era demasiado costosa y hubiese añadido mucho trabajo adicional al proceso de desarrollo, y la segunda opción no funcionaba correctamente.

Otra limitación ha sido la persistencia de datos en el juego. La idea inicial era poder bloquear los niveles para obligar al jugador a superarlos secuencialmente, y poder guardar y cargar el progreso de los niveles superados y bloqueados. Sin embargo, la manera de hacerlo dependía de cómo se presentase el juego: como un único ejecutable, creando un *path* con los distintos elementos y guardando los progresos en un fichero *json* o subiéndolo a alguna web. Finalmente, se decidió dar prioridad a otros aspectos del juego y se decidió que la persistencia de datos se salía del alcance de este trabajo.

8.3. Trabajo futuro

Partiendo del resultado obtenido, se podrían llevar a cabo diversos trabajos futuros como los que se exponen a continuación:

- **Mejora de recursos audiovisuales:** Se podría mejorar la calidad del juego contratando a actores de doblaje para la voz de los personajes, a ilustradores para cambiar los gráficos a unos más atractivos, y a músicos para componer una banda sonora original.
- **Pruebas de validación con la escala GAMEX:** Se podría utilizar el videojuego en los colegios y, desde un punto de vista pedagógico, evaluar su calidad e impacto en los estudiantes utilizando la escala GAMEX.
- **Inclusión de analíticas de aprendizaje:** Se podría crear una herramienta complementaria para el docente que le permitiera visualizar las analíticas de aprendizaje de los estudiantes para realizar un seguimiento más personalizado. Se analizarían varios aspectos como el tiempo dedicado a cada nivel, el número de veces que se han visualizado los tutoriales y el número de fallos cometidos en cada nivel.
- **Persistencia de datos:** Para hacer posible el desarrollo del punto anterior sería necesario poder guardar el progreso de los estudiantes en los niveles e islas y recuperarlo en la siguiente sesión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Fiuza-Fernández, L. Lomba-Portela, J. Soto-Carballo, and M. R. Pino-Juste, "Study of the knowledge about gamification of degree in primary education students," *PLoS ONE*, vol. 17, March 2022.
- [2] C. Girard, J. Ecalte, and A. Magnan, "Serious games as new educational tools: how effective are they? a meta-analysis of recent studies," *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 29, no. 3, pp. 207–219, 2013.
- [3] K. Becker, "What's the difference between gamification, serious games, educational games, and game-based learning?," *Academia Letters*, no. 209, 2021.
- [4] R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, and J. Wiemeyer, *Serious Games Foundations, Concepts and Practice*. Cham: Springer Cham, 1 ed., 2016.
- [5] D. Rueckert and R. Griffin, "Making education more brain-friendly through gamified instruction," in *Gamification - Analysis, Design, Development and Ludification* (I. Deliyannis, ed.), ch. 6, pp. 85–97, Londres: IntechOpen, 2023.
- [6] M. Taub, R. Sawyer, A. Smith, J. Rowe, R. Azevedo, and J. Lester, "The agency effect: The impact of student agency on learning, emotions, and problem-solving behaviors in a game-based learning environment," *Computers & Education*, vol. 147, December 2020.
- [7] S. Qiao, S. S. sze Yeung, X. Shen, J. K. L. Leung, D. T. K. Ng, and S. K. W. Chu, "How competitive, cooperative, and collaborative gamification impacts student learning and engagement," *Language Learning and Technology*, vol. 28, no. 1, pp. 1–19, 2024.
- [8] F. Archuby, *Metodologías de diseño y desarrollo para la creación de juegos serios digitales*. tesis doctoral, UNLP, Buenos Aires, 2020. Facultad de Informática.
- [9] G. E. Chachí, M. C. Gómez, and L. M. Sierra, "Directrices para el diseño y la construcción de videojuegos serios educativos," *Revista colombiana de educación (Bogotá, Colombia : 1978)*, vol. 1, pp. 1–22, January 2022.
- [10] D. Aranda and S. Martínez, "Ludoliteracy media literacy in gaming," in *Educación, medios digitales y cultura de la participación* (D. Aranda, A. Creus, and J. Sanchez-Navarro, eds.), ch. 3, pp. 47–66, Barcelona: Advisory Board, 2013.
- [11] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, and J. M. Boyle, "A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games," *Computers & Education*, vol. 59, no. 2, pp. 661–686, 2012.
- [12] S. Seijas-Santos, I. Mielgo-Conde, and M. G. de Prado, "Ritmo y videojuegos en primaria : Rayman legends," *Revista Alea Jacta Est*, no. 3, pp. 23–52, 2021.
- [13] C. Yue-Chow, R. Rizki-Riantiningtyas, M. Bojer-Kanstrup, M. Papavasileiou, G. Djin-Liem, and A. Olsen, "Can games change children's eating behaviour? a review of gamification and serious

- games,” *Food Quality and Preference*, vol. 80, p. 103823, 2020.
- [14] R. Mellado and C. Cubillos, “Gamification improves learning: Experience in a training activity of computer programming in higher education,” *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. n/a, no. n/a, 2024.
- [15] S. Bai, K. F. Hew, and B. Huang, “Does gamification improve student learning outcome? evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts,” *Educational Research Review*, vol. 30, 2020.
- [16] B. Escribano, “El videojuego como recurso potenciador de la creatividad y la conciencia cultural en la educación artística,” in *El videojuego como recurso pedagógico* (D. y. P. Subdirección General de Atención al Ciudadano, ed.), pp. 142–168, Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022.
- [17] S. H. Mohamed, *Desarrollo de la inteligencia emocional a través de la música en la población infantojuvenil*. Trabajo fin de máster, UOC, Barcelona, junio 2022. Psicología y Ciencias de la Educación.
- [18] M. F. García-Rodríguez and M. Raposo-Rivas, “Trabajando con videojuegos en el aula: una experiencia con wii music.,” *Tendencias Pedagógicas*, vol. 22, p. 45–58, Octubre 2015.
- [19] F. Carnovalini, A. Rodà, and P. Caneva, “A musical serious game for social interaction through augmented rhythmic improvisation,” in *Proceedings of the 5th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good*, p. 130–135, Association for Computing Machinery, 2019.
- [20] C. Bradfield, *Godot Engine Game Development Projects : Build Five Cross-platform 2D and 3D Games with Godot 3.0*. Packt Publishing, 2018.
- [21] J. del Estado, “Ley orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de educación.” JefaturadelEstado. (accedido 31 mayo, 2024).
- [22] M. de Educación y Formación Profesional, “Criterios de evaluación - primer ciclo.” <https://educagob.educacionfpydeportes.gob.es/curriculo/curriculo-lomloe/menu-curriculos-basicos/ed-primaria/areas/educacion-artistica/criterios-evaluacion-primer-ciclo.html>. (accedido 31 mayo, 2024).
- [23] A. E. de Normalización, “Ctn 71/sc 36 - tecnologías de la información para el aprendizaje.” <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/comites-tecnicos-de-normalizacion/comite/?c=CTN%2071/SC%2036>. (accedido 6 junio, 2024).
- [24] M. E. Parra-González and A. Segura-Robles, “Traducción y validación de la escala de evaluación de experiencias gamificadas (gamex),” *Bordón: Revista de pedagogía*, vol. 71, no. 4, pp. 87–99, 2019.
- [25] R. Eppmann, M. Bekk, and K. Klein, “Gameful experience in gamification: Construction and validation of a gameful experience scale [gamex],” *Journal of Interactive Marketing*, vol. 43, pp. 98–115, 2018.

ACRÓNIMOS

GAMEX Gameful Experience in Gamification.

GWAP Games With a Purpose.

INTEF Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación de Profesorado.

LOMCE Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa.

LOMLOE Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

MED Materiales educativos digitales.

RF Requisitos funcionales.

RNF Requisitos no funcionales.

UNE Asociación Española de Normalización.

APÉNDICES

ACREDITACIONES DE LAS IMÁGENES

USADAS

A continuación se incluyen los créditos a los autores de las distintas imágenes obtenidas de la página web “Freepik” utilizadas para el juego desarrollado:

Imágenes generales:

- https://www.freepik.com/free-vector/adventure-game-ui-level-map-with-island-ocean-vector-background-volcano-land-forest-snow-platform-desert-with-cactus-stone-grass-fantasy-journey-board-expedition-2d-illustration_83317597.htm Imagen de upklyak en Freepik

Imágenes de Isla Escala:

- https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-elementos-navidenos_1436734.htm Imagen de freepik
- https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-elementos-futbol-estilo-hecho-mano_2086901.htm Imagen de freepik
- https://www.freepik.com/free-vector/set-music-notes-isolated-white_10704771.htm Imagen de macrovector en Freepik
- https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-peces-coloridos_2091502.htm Imagen de freepik

Imágenes de Isla Nota:

- https://www.freepik.es/vector-gratis/personaje-dibujos-animados-serpiente-cas-cabel-verde-pegatina_16845604.htm Imagen de brgfx en Freepik

Imágenes de Isla Tempo:

- https://www.freepik.es/vector-gratis/ilustracion-dibujos-animados-delfines-dibujados-mano_48927673.htm Imagen de freepik
- https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-notas-musicales_1018531.htm Imagen de freepik

Imágenes de Isla Familia:

- https://www.freepik.es/vector-gratis/mono-lindo-ilustracion-icone-vector-dibujos-animados-bolsa-platano-concepto-icone-naturaleza-animal-aislado_30832533

htm Imagen de catalyststuff en Freepik

- https://www.freepik.es/vector-gratis/lindo-mono-sosteniendo-platano-cartoon-vector-icone-ilustracion-animal-naturaleza-icone-concepto-aislado_27313278.htm

Imagen de catalyststuff en Freepik

- https://www.freepik.es/vector-gratis/lindo-mono-dabbing_15769584.htm Imagen de catalyststuff en Freepik

- https://www.freepik.es/vector-gratis/ilustracion-dibujos-animados-viento-dibujado-mano_49545903.htm Imagen de freepik

- https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-elementos-decorativos-cuerda_6825035.htm Imagen de macrovector en Freepik

- https://www.freepik.es/vector-gratis/explosion-comic-explosion-o-bomba-explosion-fuego_10700805.htm Imagen de macrovector en Freepik

- https://www.freepik.es/vector-gratis/instrumentos-musicales-diseno-plano_29760587.htm Imagen de freepik

- https://www.freepik.es/vector-gratis/icone-familia-casa_762206.htm Imagen de freepik

PERFIL DEL DOCENTE

A continuación se incluye el contenido de las rúbricas a rellenar por el docente para evaluar un recurso de acuerdo a la norma UNE 71362:2017 ¹:

Criterio 1: Descripción didáctica: valor y coherencia didácticos. Tabla B.1.

Ítems	Puntuación	Observaciones
1.1 Los objetivos didácticos se especifican de manera clara y precisa en el MED	1	Se indican en el TFG escrito
1.2 Se especifican los destinatarios; los objetivos didácticos son alcanzables por los destinatarios según el perfil requerido en el propio MED	1	Se indican en el TFG escrito
1.3 Las competencias y/o destrezas a desarrollar están claramente especificadas; son coherentes con los objetivos y los destinatarios	1	Se indican en el TFG escrito
1.4 Existen instrucciones o sugerencias sobre los posibles usos didácticos para el profesor y/o para el estudiante (autoformación)	0	Se deja libertad al docente para explorar las islas
1.5 Se indica el tiempo estimado de aprendizaje	0	Depende de cada alumno
1.6 Se indican qué conocimientos previos del alumno son requeridos	1	No se requieren conocimientos previos
Puntuación (máx. 6 puntos)	Total: 4	No aplicable: 0

Tabla B.1: Criterio 1: Descripción didáctica: valor y coherencia didácticos.

¹ https://intef.es/wp-content/uploads/2020/01/AnexoF_UNE_713622017.pdf

Criterio 2: Calidad de los contenidos. Tabla B.2.

Ítems	Puntuación	Observaciones
2.1 El contenido es coherente con los objetivos didácticos (se trabaja cada uno de los objetivos)	1	Se trabajan los conceptos de teoría musical del currículo LOMLOE
2.2 El contenido se presenta de manera clara y comprensible. Se destacan las ideas clave y se dan instrucciones claras en las actividades	1	Los diálogos e instrucciones son claros
2.3 Las ideas y conceptos se presentan en número adecuado y ordenada y equilibradamente a lo largo del MED	1	Las islas tienen una dificultad y cantidad similar de los contenidos
2.4 El contenido es científicamente correcto, no presenta sesgo ideológico, es objetivo y contiene información veraz	1	El contenido es el especificado en el currículo LOMLOE
2.5 El contenido está actualizado o bien es intemporal (no es necesario actualizarlo)	1	El contenido no varía con el tiempo
2.6 El contenido respeta los derechos de propiedad intelectual si utiliza otros materiales	1	Se da crédito a los autores o webs de los recursos utilizados
2.7 El contenido declara las condiciones de uso del material educativo	1	Se especifica que es un juego para ordenador
Puntuación (máx. 7 puntos)	Total: 7	No aplicable: 0

Tabla B.2: Criterio 2: Calidad de los contenidos.

Criterio 3: Capacidad para generar aprendizaje. Tabla B.3.

Ítems	Puntuación	Observaciones
3.1 El MED promueve el aprendizaje significativo del alumno (relaciona los conceptos nuevos con los que ya conoce)	1	Las explicaciones se relacionan con los conceptos conocidos
3.2 Se estimula la reflexión	1	Algunos niveles requieren reflexionar sobre los conceptos
3.3 Se estimula la capacidad crítica	-	No aplicable
3.4 Se fomenta la creatividad e innovación, que el alumno genere nuevas ideas y formas de aplicarlo	0	Los niveles son cerrados, no permiten crear nuevos ítems
Puntuación (máx. 4 puntos)	Total: 2	No aplicable: 1

Tabla B.3: Criterio 3: Capacidad para generar aprendizaje.

Criterio 4: Adaptabilidad. Tabla B.4.

Ítems	Puntuación	Observaciones
4.1 El contenido se adaptan al conocimiento previo del alumno y a sus necesidades de aprendizaje	-	No aplicable
4.2 Se puede modificar fácilmente el contenido/actividad del MED para ajustarlo a distintos grupos/tipos de alumnos	1	Se pueden añadir y modificar islas o niveles
4.3 Se proponen diferentes contenidos/actividades o diferentes itinerarios de contenidos/actividades según los niveles de conocimiento y/o, posibilidades y capacidades de aprendizaje	1	Se pueden explorar las islas siguiendo distintos itinerarios
4.4 El MED respeta los distintos estilos de aprendizaje. Se puede consultar el anexo H de la norma	0	El juego no se adapta a distintos estilos de aprendizaje
4.5 Los contenidos pueden usarse independientemente del método de enseñanza y aprendizaje	1	El juego está pensado para el aprendizaje autónomo
Puntuación (máx. 5 puntos)	Total: 3	No aplicable: 1

Tabla B.4: Criterio 4: Adaptabilidad.

Criterio 5: Interactividad. Tabla B.5.

Ítems	Puntuación	Observaciones
5.1 El MED fomenta la participación del alumno durante la lectura, visualización o interacción con el mismo	1	Los tutoriales tienen animaciones y los niveles son interactivos
5.2 El MED contiene actividades interactivas para las ideas clave	1	Todos los niveles son interactivos
5.3 Se facilita que el alumno controle y maneje su aprendizaje	0	Los tutoriales y niveles son estáticos y no varían entre alumnos
5.4 Se puede obtener el historial de ejecución de la actividad del alumno	0	No se permite esa opción
5.5 La tipología de actividades interactivas es variada	1	Los niveles son distintos entre ellos
Puntuación (máx. 5 puntos)	Total: 3	No aplicable: 0

Tabla B.5: Criterio 5: Interactividad.

Criterio 6: Motivación. Tabla B.6.

Ítems	Puntuación	Observaciones
6.1 Existe relación entre lo aprendido y el entorno vital (profesional y/o social) del destinatario del MED	0	Son conceptos musicales básicos
6.2 Se promueve el aprendizaje autónomo del alumno	1	El juego está pensado para el aprendizaje autónomo
6.3 El tiempo de aprendizaje estimado es adecuado para alcanzar los objetivos didácticos y está de acuerdo con las previsiones y posibilidades de los alumnos	-	No aplicable
6.4 Los contenidos se presentan de forma atractiva o innovadora	1	Se utilizan animaciones, efectos de sonido e imágenes
6.5 Se favorece la comunicación y colaboración	0	Las actividades son individuales
Puntuación (máx. 5 puntos)	Total: 2	No aplicable: 1

Tabla B.6: Criterio 6: Motivación.

Criterio 7: Formato y diseño. Tabla B.7.

Ítems	Puntuación	Observaciones
7.1 El diseño del MED está bien organizado y es claro, conciso e intuitivo	1	Los conceptos son claros y están bien distribuidos
7.2 Las imágenes, audios y vídeos son de calidad	1	Los audios son claros y las imágenes nítidas
7.3 Los contenidos audiovisuales facilitan y/o refuerzan el aprendizaje. No son adornos que entorpecen o ralentizan	1	Los contenidos audiovisuales son esenciales para el juego
7.4 El MED incluye formato multimodal: texto, imagen, audio y/o vídeo	-	No aplicable
7.5 El manejo de la interfaz es intuitivo y, si no lo es, existen instrucciones de uso muy claras	1	La navegación es intuitiva y hay instrucciones para los niveles
7.6 La estética es compatible y adecuada al estudio del MED. No presenta ruido visual ni sobrecarga informativa innecesaria	1	Los tutoriales y niveles son estéticamente limpios
7.7 Se mantiene la consistencia en la apariencia de los elementos que tienen la misma funcionalidad en todo el MED	1	Se comparte la misma plantilla entre los tutoriales y niveles
7.8 Existe una opción de “preferencias” que permite personalizar la interfaz y éstas se mantienen para siguientes sesiones	0	El juego no permite personalización
Puntuación (máx. 8 puntos)	Total: 6	No aplicable: 1

Tabla B.7: Criterio 7: Formato y diseño.

Criterio 8: Reusabilidad. Tabla B.8.

Ítems	Puntuación	Observaciones
8.1. El MED se organiza modularmente de forma que es escalable	1	Las islas son independientes entre ellas
8.2. El MED o alguno de sus módulos puede utilizarse para crear nuevos MED	1	Pueden crearse nuevos niveles o nuevas islas
8.3. El MED o alguno de sus módulos puede utilizarse en más de una disciplina o grupo de alumnos	-	No aplicable
Puntuación (máx. 3 puntos)	Total: 2	No aplicable: 1

Tabla B.8: Criterio 8: Reusabilidad.

Criterio 9: Portabilidad. Tabla B.9.

Ítems	Puntuación	Observaciones
9.1. El MED se ha creado con formatos de uso mayoritario o estándares de facto. Si el MED no está creado con un formato estándar oficial o de uso mayoritario se describen los requisitos informáticos y se facilita el software necesario para utilizarlo	1	El recurso es un ejecutable para Windows, Linux y Mac OS
9.2 El alumno puede utilizar el MED con cualquier dispositivo con o sin conexión a internet	0	Únicamente es para ordenador
9.3 El MED tiene asociado una ficha de metadatos que lo describe	-	No aplicable
9.4 Los metadatos del MED están creados conforme a estándares internacionales	-	No aplicable
9.5. El MED se exporta utilizando los estándares internacionales de intercambio de contenidos educativos	-	No aplicable
Puntuación (máx. 5 puntos)	Total: 1	No aplicable: 3

Tabla B.9: Criterio 9: Portabilidad.

Criterio 10: Robustez; estabilidad técnica. Tabla B.10.

Ítems	Puntuación	Observaciones
10.1 El MED no falla durante su funcionamiento	1	No se han detectado fallos
10.2 El MED no se ve afectado por errores del usuario	1	El recurso está adaptado a los errores del usuario
10.3 El MED responde con rapidez, de forma visible y audible ante las acciones del usuario	1	La respuesta es inmediata
10.4 Se proporciona funciones de ayuda sobre problemas comunes de los usuarios y sus soluciones	0	No se ha generado un manual de usuario
Puntuación (máx. 4 puntos)	Total: 3	No aplicable: 0

Tabla B.10: Criterio 10: Robustez; estabilidad técnica.

Criterio 11: Estructura del escenario de aprendizaje. Tabla B.11.

Ítems	Puntuación	Observaciones
11.1 Cada escenario de aprendizaje tiene un título único y significativo, y se puede acceder por canal visual, de forma directa o por acceso con los productos de apoyo	-	No aplicable
11.2 La estructura semántica y las relaciones de la información que contiene un escenario de aprendizaje se explicitan en la presentación y se puede acceder de forma directa o por acceso compatible con los productos de apoyo	-	No aplicable
11.3 Los escenarios de aprendizaje permiten el uso “siempre adelante”, mantener simultáneamente escenarios anteriores en caso de que sea necesario y “volver a escenarios anteriores” en caso de que no tengan que mantenerse simultáneamente	1	Se permite volver atrás en todos los niveles y tutoriales
11.4 Si se permiten escenarios de aprendizaje superpuestos, se pueden minimizar, maximizar, cambiar tamaño, restaurar y cerrar	-	No aplicable
Puntuación (máx. 4 puntos)	Total: 1	No aplicable: 3

Tabla B.11: Criterio 11: Estructura del escenario de aprendizaje.

Criterio 12: Navegación. Tabla B.12.

Ítems	Puntuación	Observaciones
12.1 El nombre de cada enlace es descriptivo, claro y diferente del resto de los enlaces. Los enlaces que llevan al mismo sitio utilizan el mismo texto descriptivo	-	No aplicable
12.2 Los enlaces funcionan correctamente	1	La navegación es correcta
12.3 Se proporcionan mecanismos para localizar cada escenario de aprendizaje de la interfaz	0	Sólo se puede acceder a cada isla o cada nivel clicando en él
12.4 Se mantiene el orden lógico de navegación y la ubicación de los mecanismos de navegación, a menos que el usuario los cambie	1	La navegación no varía entre islas
12.5 Se proporciona información al usuario acerca de dónde se encuentra dentro del MED	1	Se indica la isla en la pantalla de niveles
12.6 El alumno conoce su progreso en la ejecución del contenido	0	No se guarda el progreso
12.7 La interfaz proporciona tiempo ilimitado o suficiente para leer y usar el contenido. En cualquier caso, se puede ajustar el tiempo de lectura y uso del contenido	-	No aplicable
12.8 Se evita el paso obligado por elementos de contenido repetitivos	1	El alumno elige el nivel que hacer
12.9 En cada inicio de sesión el contenido vuelve a su configuración inicial	1	Los tutoriales y niveles se reinician
12.10 El MED informa acerca de su estado al usuario	-	No aplicable
12.11 Es posible salir del material en cualquier punto	1	Todos los niveles y tutoriales tienen un botón de salida
Puntuación (máx. 11 puntos)	Total: 6	No aplicable: 3

Tabla B.12: Criterio 12: Navegación.

Criterio 13: Operabilidad. Tabla B.13.

Ítems	Puntuación	Observaciones
13.1 El MED debe ser operable a través de acceso compatible o directo	1	Es operable mediante ratón
13.2 La operatividad es completa con teclado, ratón y cualquier otro dispositivo de entrada que se ofrezca, incluidos emuladores, activación por voz, interacción táctil, etc.	1	Es funcional mediante ratón
13.3 Se distingue visualmente dónde está el foco del teclado (u otro dispositivo alternativo como el ratón) cuando se esté operando con el teclado (u otro dispositivo alternativo)	1	El ratón se ve en todo momento
13.4 Para realizar las tareas, o bien no existe ninguna limitación temporal o bien existe un plazo de tiempo limitado establecido en el que el alumno debe ser capaz de poder adaptarlo a su velocidad y necesidades	1	El juego espera a recibir <i>input</i> del usuario sin límite de tiempo
13.5 Se proporcionan atajos de teclado o teclas rápidas para enlaces principales y controles de formulario importantes	-	No aplicable
13.6 Todos los escenarios de aprendizaje del MED aparecen y operan de manera predecible. Si se producen cambios de contexto se advierte previamente al alumno	1	La funcionalidad y dinámicas son similares
Puntuación (máx. 6 puntos)	Total: 5	No aplicable: 1

Tabla B.13: Criterio 13: Operabilidad.

Criterio 14: Accesibilidad del contenido audiovisual. Tabla B.14.

Ítems	Puntuación	Observaciones
14.1 Hay contraste suficiente entre el color de las imágenes y el color de fondo para que se vean bien	1	Existe contraste entre colores
14.2 Todos los contenidos audiovisuales han de tener una descripción textual alternativa a la que se pueda acceder bien de forma directa o bien a través de productos de apoyo	-	No aplicable
14.3 Los contenidos audiovisuales tienen alternativas sincronizadas, como subtítulo, audiodescripción, transcripción completa o Lenguaje de Signos	-	No aplicable
14.4 En los contenidos audiovisuales el alumno tiene el control del manejo de la reproducción y de sus alternativas textuales	0	Los tutoriales y niveles se reproducen automáticamente
14.5 Si el MED tiene sonidos inesperados, el alumno ha de poder controlarlo	1	El alumno tiene control del volumen
14.6. El contenido no incluye efectos de destello con un umbral que pueda provocar ataques, espasmos o convulsiones	-	No aplicable
14.7 Si hay alertas visuales o sonoras, han de tener sus respectivas alternativas: sonoras para las visuales, visuales para las sonoras	-	No aplicable
Puntuación (máx. 7 puntos)	Total: 2	No aplicable: 4

Tabla B.14: Criterio 14: Accesibilidad del contenido audiovisual.

Criterio 15: Accesibilidad del contenido textual. Tabla B.15.

Ítems	Puntuación	Observaciones
15.1 El texto es legible y/o puede ajustarse su tamaño	-	No aplicable
15.2 Existe contraste entre el color de texto y el color del fondo para leerlo claramente	-	No aplicable
15.3 No se proporciona información exclusivamente por características sensoriales	-	No aplicable
15.4 Los formularios deben tener una estructura clara y coherente con la información que se presenta y se solicita. Son fáciles de rellenar y se ofrecen las ayudas necesarias tanto para rellenarlos, prevenir y/o corregir los errores al cumplimentarlos. Están programadas para permitir el acceso compatible con los productos de apoyo	-	No aplicable
15.5 Las tablas deben estar bien estructuradas y descritas. Están programadas para permitir el acceso compatible con los productos de apoyo	-	No aplicable
15.6 Las tablas sencillas deben evitar en la medida de lo posible las celdas combinadas, divididas y anidadas. Sólo se utilizan para mostrar/organizar datos. Están programadas para permitir el acceso compatible con los productos de apoyo	-	No aplicable
15.7 Las listas sólo se utilizan sólo para mostrar/organizar secuencias de elementos. Están programadas para permitir el acceso compatible con los productos de apoyo	-	No aplicable
Puntuación (máx. 7 puntos)	Total: 0	No aplicable: 7

Tabla B.15: Criterio 15: Accesibilidad del contenido textual.

RÚBRICA DE LA ESCALA GAMEX

A continuación se incluye la rúbrica a rellenar por los alumnos [24]:

ASPECTO	CRITERIOS	PUNTUACIÓN (1 = totalmente en desacuerdo 5 = totalmente de acuerdo)
Diversión	Jugar fue divertido	
	Me gustó jugar	
	Disfruté mucho jugando	
	Mi experiencia con el juego fue placentera	
	Creo que jugar es muy entretenido	
	Jugaría a este juego por mí mismo, no solo cuando se me pidiera	
Absorción	Jugar me hizo olvidar dónde estoy	
	Me olvidé de mi entorno inmediato mientras jugaba	
	Después de jugar me sentí como volver al "mundo real" después de un viaje	
	Jugar "me alejó de todo"	
	Mientras jugaba estaba completamente ajeno a todo lo que me rodeaba	
	Mientras jugaba perdí la noción del tiempo	
Pensamiento creativo	Jugar despertó mi imaginación	
	Mientras jugaba me sentí creativo	
	Mientras jugaba sentí que podía explorar cosas	
	Mientras jugaba me sentí aventurero	
Activación	Mientras jugaba me sentía activo	
	Mientras jugaba me sentía nervioso	
	Mientras jugaba me sentía frenético	
	Mientras jugaba me sentía emocionado	
Ausencia de afecto negativo	Mientras jugaba me sentí molesto	
	Mientras jugaba me sentí hostil	
	Mientras jugaba me sentí frustrado	
Dominio	Mientras jugaba me sentía dominante / tuve la sensación de estar al mando	
	Mientras jugaba me sentí influyente	
	Mientras jugaba me sentí autónomo	
	Mientras jugaba el juego me sentí confiado	

Figura C.1: Rúbrica GAMEX.



Universidad Autónoma
de Madrid