



Universitat  
Oberta  
de Catalunya

Máster Universitario en Desarrollo de Aplicaciones  
para Dispositivos Móviles

# **Desarrollo de Super Solar. Videojuego Educativo de Plataformas 2D sobre el Sistema Solar con Unity**

Juan Francisco Campos Menchón

Consultor: Eduard Martín Lineros

5 de junio de 2020

Aprende todo lo que puedas, en cualquier momento que puedas, de cualquier persona que puedas; siempre llegará un momento en que estarás agradecido de haberlo hecho.

**Sarah Caldwell**



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada

[3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## FICHA DEL TRABAJO FINAL

<b>Título del trabajo:</b>	Desarrollo de Super Solar. Videojuego Educativo de Plataformas 2D sobre el Sistema Solar con Unity
<b>Nombre del autor:</b>	Juan Francisco Campos Menchón
<b>Nombre del consultor:</b>	Eduard Martín Lineros
<b>Fecha de entrega:</b>	06/2020
<b>Titulación:</b>	Máster Universitario en Desarrollo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles
<b>Resumen del Trabajo:</b>	
<p>Documentación del proceso de diseño y desarrollo de un videojuego educativo con Unity. Se trata de un videojuego de plataformas 2D en el que cada nivel es un planeta del Sistema Solar. Los niveles simulan algunos aspectos reales del planeta como la gravedad y los fenómenos atmosféricos. También incluye elementos ficticios para fomentar el componente lúdico y la jugabilidad. Cada nivel contiene puntos de control donde se muestran datos reales e interesantes sobre el planeta que representa. Cuando Super Solar cae al vacío o es tocado por un ser oscuro, para poder continuar la partida, hay que contestar correctamente una pregunta sobre una de las informaciones mostradas previamente. El objetivo es conseguir un juego de calidad, y a la vez educativo, tan divertido de jugar como los juegos clásicos de plataformas.</p>	
<b>Abstract:</b>	
<p>Documentation of the design and development process of an educative video game with Unity. It is a 2D platform video game where each level is a planet of our solar system. Some real features of each planet, such as the gravity and atmospheric phenomena, are simulated. Fictional elements are also included to make the game more fun and challenging. There are several check points in each level where interesting facts about that planet are provided. A question about this information must be correctly answered, in order to continue the game, when Super Solar is touched by a dark being or when he falls to the void. The aim of this project is to develop a good-quality educative game that is as fun to play as the classic 2D platform video games.</p>	
<b>Palabras clave:</b>	
Videojuego, plataformas, Unity, educativo, sistema solar	

# ÍNDICE

1. Introducción	9
1.1. Contexto y justificación del trabajo	9
1.2. Objetivos	11
1.3. Enfoque y método seguido	12
1.4. Planificación del trabajo	14
1.5. Breve resumen de productos obtenidos	17
2. Diseño	19
2.1. Usuarios y contexto de uso	19
2.2. Historia de Super Solar	21
2.3. Los niveles de Super Solar	22
2.3.1. Mercurio	22
2.3.2. Venus	23
2.3.3. Tierra	24
2.3.4. Marte	25
2.3.5. Júpiter	26
2.3.6. Saturno	27
2.3.7. Urano	27
2.3.8. Neptuno	28
2.4. Diseño inicial	28
2.5. Diseño inicial de arquitectura	33
2.6. Evaluación del diseño inicial	35
3. Prototipo 1	37
3.1. Diseño	37
3.2. Implementación	44
3.3. Evaluación	46
4. Prototipo 2	47
4.1. Diseño	48
4.1.1. Menú	48
4.1.2. Nivel 2: Venus	51
4.2. Implementación	56
4.2.1. Menu	56
4.2.2. Nivel 2	57

4.3. Evaluación	58
5. Manual de funcionamiento e instrucciones del juego	61
5.1. Manual de usuario	61
5.2. Manual de instalación	62
6. Futuro de Super Solar	64
7. Conclusiones	66
8. Referencias bibliográficas	68
9. Anexos	69
9.1. InfoPointsMercury.json	69
9.2. InfoPointsVenus.json	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de fases del método waterfall (Ramírez y Boltà, s.f.)	13
Figura 2. Planificación de tareas con gráfica de Gantt	17
Figura 3. Persona representativa de usuario aficionado a los videojuegos de plataformas	19
Figura 4. Persona representativa de usuario de Educación Primaria	21
Figura 5. Gráfico de navegación del videojuego	29
Figura 6. Super Solar: menú inicial	30
Figura 7. Super Solar: ajustes	31
Figura 8. Super Solar: usuarios	31
Figura 9. Super Solar: nivel 1/Mercurio	32
Figura 10. Super Solar: punto de control/información	32
Figura 11. Super Solar: game over/insertar conocimiento	33
Figura 12. Diagrama UML de la estructura de clases para los niveles de Super Solar en Unity	35
Figura 13. Prototipo 1: Boceto del primer nivel	38
Figura 14. Prototipo 1: Plataformas del primer nivel	39
Figura 15. Nivel 1: Primera línea de montañas	40
Figura 16. Nivel 1: Segunda línea de montañas	40
Figura 17. Nivel 1: Cielo	40
Figura 18. Diseño de Super Solar	41
Figura 19. Diagrama UML de casos de uso	48
Figura 20. Pantalla principal del menú	49
Figura 21. Pantalla de nueva parta del menú	50
Figura 22. Pantalla de ajustes del menú	50
Figura 23. Pantalla de selección de usuario	51
Figura 24. Plataformas de Venus	52
Figura 25. Capa frontal de lava de Venus	53
Figura 26. Capa de montañas de Venus	53
Figura 27. Capa del cielo de Venus	53
Figura 28. Fotogramas de la animación de los Nunakis de Venus	54
Figura 29. Jefe final de Venus	55

Figura 30. Punto de control	61
Figura 31. Ficha de la versión alpha de Super Solar en Play Store	62
Figura 32. Planificación de próximas tareas con gráfica de Gantt	65

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Recursos software, hardware y humanos	15
Tabla 2. Temporalización de tareas	16
Tabla 3. Animaciones del nivel 1	42



# 1. Introducción

## 1.1. Contexto y justificación del trabajo

Siendo los medios digitales cada vez más imprescindibles en los procesos de información y comunicación, y en el ámbito lúdico, es una responsabilidad incluirlos en las escuelas. La industria del videojuego es la que más factura en España en el sector del ocio audiovisual (Asociación Española de Videojuegos, 2018). Una de las maneras de incluir las TIC en contextos educativos es a través de videojuegos.

Podemos optar, en términos generales, por dos tipos de videojuegos: videojuegos educativos, también llamados serious games (juegos serios), y videojuegos cuyo objetivo no es enseñar pero que incluyen elementos educativos como, por ejemplo, Minecraft<sup>1</sup> (creatividad, autonomía, colaboración, resolución de problemas...), Undertale<sup>2</sup> (comprensión lectora y resolución pacífica de conflictos), Age of Empires<sup>3</sup> (historia) y Spore<sup>4</sup> (biología).

Los juegos son actividades motivadoras y naturales para los niños que deberíamos aprovechar para desarrollar aprendizajes. El potencial educativo de los videojuegos puede ser incluso mayor si están bien diseñados. “Tienen la capacidad de fomentar la concentración, el interés por el descubrimiento y el afán por mejorar nuestras competencias” (Sánchez-Navarro y Aranda, 2020). Los videojuegos motivan porque son visualmente atractivos, y porque presentan retos y recompensas que animan a esforzarse para desarrollar habilidades o adquirir conocimientos. Cuando disfrutamos jugando, nuestro cerebro libera dopamina, lo que a su vez mejora las habilidades mentales y nos facilita el superar desafíos (McGonigal, 2015).

Ávila-Pesantez, Delgadillo y Rivera (2019) afirman que los serious games son la nueva tendencia en cuanto a herramientas de enseñanza-aprendizaje pues es un medio que resulta motivador para la actual generación de estudiantes, también conocidos como

---

<sup>1</sup> Mojang AB. Minecraft [Videojuego] Descargado de <https://www.minecraft.net/en-us/store/minecraft-java-edition>

<sup>2</sup> Toby Fox. Undertale [Videojuego] Descargado de <https://undertale.com/>

<sup>3</sup> Ensemble Studios. Age of Empires [Videojuego] Descargado de <https://www.ageofempires.com/news/lny-sale/>

<sup>4</sup> Maxis. Spore [Videojuego] Descargado de <https://www.origin.com/esp/es-es/store/spore/spore>

nativos digitales (Prensky, 2001). Afirman también que los serious games priorizan el proporcionar una experiencia divertida y una narrativa excitante, cuidando para ello los gráficos y los sonidos. Sin embargo, mi experiencia es contraria a esta afirmación. Como maestro de Educación Primaria, me es complicado encontrar videojuegos educativos que motiven a los alumnos.

En mis unidades didácticas, suelo incluir videojuegos de la app Smile and Learn<sup>5</sup> y de los sitios web [vedoque.com](http://vedoque.com) o [taktaktak.com](http://taktaktak.com). No obstante, los alumnos están acostumbrados a videojuegos mucho más atractivos y divertidos de jugar. La brecha entre los videojuegos comerciales y los educativos es demasiado grande. Consecuentemente, estos juegos no son del todo efectivos pues flaquean en lo que debería ser su característica principal: la capacidad de divertir y motivar.

Lo ideal sería contar con videojuegos atractivos y divertidos para trabajar todo tipo de contenidos y competencias. Este trabajo aspira a desarrollar un videojuego educativo que sea tan atractivo y divertido de jugar como los videojuegos clásicos de plataformas 2D. Se simula la dinámica de los juegos arcade de pedir introducir una moneda para continuar la partida cuando perdemos. Pero, en el caso de Super Solar, en lugar de pedir una moneda, pide información. Para poder continuar la partida es necesario responder, en menos de 10 segundos, una pregunta sobre una de las informaciones proporcionadas previamente en los puntos de control. Si se responde correctamente, la partida continua desde el último punto de control por el que se ha pasado. Si se falla, el juego nos redirige al menú inicial.

Los videojuegos más similares a Super Solar que he encontrado en Google Play, teniendo en cuanto la temática (universo o sistema solar) y la presencia de elementos educativos, son: Astronomía para Niños<sup>6</sup> y Conquista del Espacio 3d<sup>7</sup>.

Astronomía para Niños es un videojuego educativo que incluye 8 juegos arcade y 8 puzzles. En cuanto a contenidos educativos, los usuarios aprenden acerca de los

---

<sup>5</sup> Smile and Learn Digital Creations. Smile and Learn: Educational Games for Kids [videojuego] Descargado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.smileandlearn.library&hl=en>

<sup>6</sup> Iteration Kids. Astronomía para Niños: Astrokids Universe [videojuego] Descargado de [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.iterationkids.astrokids\\_astronomy\\_for\\_kids&gl=ES](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.iterationkids.astrokids_astronomy_for_kids&gl=ES)

<sup>7</sup> Gutiérrez Vizcaíno, C.I. Conquista del Espacio 3D [videojuego] Descargado de [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.maycar21.Space\\_Conquest\\_3D&gl=ES](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.maycar21.Space_Conquest_3D&gl=ES)

planetas del Sistema Solar, las fases de la Luna y las constelaciones. Los gráficos son de calidad aunque pueden resultar demasiados infantiles para usuarios mayores de 10 años. La diferencia principal con respecto a Super Solar es la intención principal del juego. En Super Solar, los elementos educativos están más integrados en la dinámica del juego, siendo la intención principal divertir y el efecto colateral educar. La jugabilidad también varía significativamente. Super Solar no consiste en una serie de minijuegos sino que presenta una serie de niveles, con un mismo tipo de jugabilidad, en los que la dificultad aumenta progresivamente a medida que se desarrolla la narrativa.

Conquista del Espacio 3D contiene una narrativa y una estética llamativa, imitando en ocasiones la estética de Star Wars. Al igual que Super Solar, incorpora datos reales: simula el aspecto y la órbita de los planetas del Sistema Solar. Estas características constituyen su componente educativo pero el fin principal es lúdico. Ambos juegos pretenden educar pero priorizando su función recreativa. Sin embargo, se tratan de dos videojuegos muy diferentes. Conquista del Espacio 3D es una combinación de videojuego de disparos y simulador de vuelo. En cambio, Super Solar es un juego de plataformas 2D. La otra diferencia reside en la cantidad de contenido educativo. Super Solar incluye más datos en sus niveles, incluyendo información sobre las características de cada planeta así como conceptos físicos y climáticos.

## 1.2. Objetivos

En cuanto a los objetivos, el desarrollo de este proyecto implica de varios tipos. Por un lado están los objetivos del proyecto y, por otro, los objetivos funcionales del producto final, el videojuego. También identificaré los objetivos de aprendizaje que el videojuego pretende que los usuarios adquieran y los objetivos de aprendizaje que deberé alcanzar para poder llevar a cabo este trabajo con éxito.

Objetivos del proyecto:

- Planificar el proceso de desarrollo de un videojuego educativo.
- Documentar su proceso de diseño y desarrollo.
- Obtener un videojuego educativo tan atractivo y divertido de jugar como los videojuegos clásicos de plataformas 2D.

- Analizar el resultado y proponer mejoras.

Objetivos funcionales del videojuego:

- Controlar al protagonista mediante la manipulación de un *joystick* y dos botones que se mostrarán en la parte inferior de la pantalla.
- Variar las preguntas que aparecen en el transcurso del juego en función de los aciertos o fallos previos.
- Simular la física de cada nivel teniendo en cuenta el tamaño de cada planeta y las características de su superficie o atmósfera.

Objetivos de aprendizaje de los usuarios:

- Conocer las características principales de cada planeta del sistema solar.
- Comprender conceptos de física y climáticos.

Objetivos de aprendizaje del desarrollador:

- Profundizar en el conocimiento de desarrollo de videojuegos con Unity.

### 1.3. Enfoque y método seguido

El videojuego se va a desarrollar utilizando Unity. Con esta herramienta se han desarrollado algunos de los videojuegos más populares para dispositivos móviles (Erosa, 2019): Monument Valley<sup>8</sup>, Ghost of a Tale<sup>9</sup>, Hollow Knight<sup>10</sup> y Cuphead<sup>11</sup>. He decidido utilizar Unity en lugar de Unreal porque permite exportar a más plataformas (mas de 25 versus 18) y porque su licencia personal es gratuita mientras que Unreal utiliza un sistema de royalties (el 5% de los ingresos cuando se superan los 3.000 \$ de ingresos al

---

<sup>8</sup> Ustwo games. Monument Valley (2.7.17) [Aplicación móvil] Descargado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ustwo.monumentvalley&gl=ES>

<sup>9</sup> SeithCG. Ghost of a Tale [Videojuego] Descargado de <https://www.ghostofatale.com/#buy>

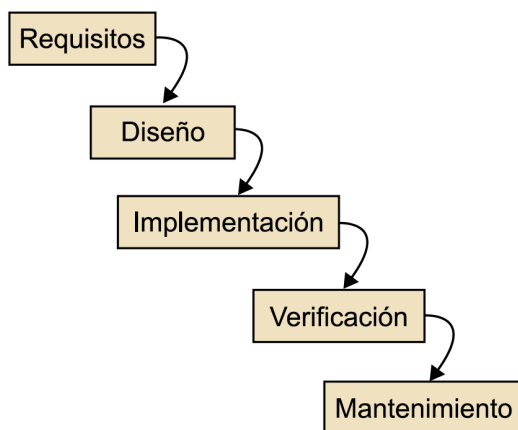
<sup>10</sup> Team Cherry. Hollow Knight [Videojuego] Descargado de <https://www.humblebundle.com/store/hollow-knight>

<sup>11</sup> StudioMDHR. Cuphead [Videojuego] Descargado de <https://store.steampowered.com/app/268910/Cuphead/>

trimestre). También ha influido el hecho de haber usado previamente Unity gracias a la asignatura de Introducción a videojuegos en dispositivos móviles.

En este proyecto, el videojuego se diseña para Android aunque, una vez obtenida la primera versión, se pretende adaptar y exportar también para las siguientes plataformas: iOS, Mac, Windows, Linux y WebGL.

Los dos métodos más populares aplicados al desarrollo de aplicaciones móviles han sido considerados: el método waterfall y el método de desarrollo ágil. En el método waterfall las características de la aplicación se definen al principio y se mantienen intactas. Las fases del desarrollo se suceden una tras otra, de modo lineal y unidireccional. El número y tipo de fases puede variar según el tipo de proyecto. Las siguientes fases son habituales:



**Figura 1. Ejemplo de fases del método waterfall (Ramírez y Boltà, s.f.)**

Mi proyecto de videojuego está abierto a posibles modificaciones de sus características que puedan sugerir la fase de desarrollo o de evaluación. Por lo tanto, descarto el método waterfall pues requiere la definición de los requisitos exactos en su primera fase.

La planificación está diseñada teniendo en cuenta que se implementará una metodología ágil. Este método es apropiado en el caso de proyectos urgentes que se mantienen abiertos a mejoras. Se caracteriza por un desarrollo cíclico. El objetivo de cada ciclo es obtener un prototipo cada vez más completo y perfeccionado. En cada ciclo se repiten cada una de las fases del desarrollo. En este proyecto cada ciclo consta de las siguientes fases:

- Diseño: Definir las características de los niveles a desarrollar y diseñar los gráficos y la arquitectura de clases.
- Implementación: desarrollar el diseño para obtener el prototipo.
- Evaluación del prototipo: a través de pruebas en emuladores y en dispositivos. También se realizarán pruebas de integración contextualizadas. Para ello, mis alumnos jugarán al videojuego prototipo mientras identifico problemas y tomo nota de sus sugerencias.

## **1.4. Planificación del trabajo**

Para llevar a cabo este proyecto se requiere de una serie de recursos software, hardware y humanos. En cuanto a los recursos humanos, se distinguen cinco perfiles profesionales: jefe de proyecto, programador, analista, ilustrador y productor musical. Me responsabilizo de los tres primeros roles. Del trabajo de ilustrador se encarga Llorenç Villanueva Gutiérrez. Se ha incorporado al proyecto en la fase de diseño del prototipo 1. La música y efectos sonoros son obra de Agustín Cutillas Turpín.

<b>Software</b>
• Unity: motor de creación de videojuegos multiplataforma.
• Illustrator: editor de gráficos vectoriales.
• Photoshop: editor de gráficos digitales en forma de mapa de bits.
• Audition: programa de Adobe para la grabación y edición de audio.
• Pages: procesador de textos desarrollado por Apple.
• Google Drive: servicio de alojamiento de archivos en la nube.
• Procreate: aplicación de dibujo para iOS.
<b>Hardware</b>
• Ordenador Macbook pro de mediados de 2014
• Móvil Xiaomi Mi A3
• iPad Air de 2019
<b>Recursos humanos</b>
• Jefe de proyecto
• Programador
• Ilustrador
• Analista
• Productor musical

**Tabla 1. Recursos software, hardware y humanos**

A continuación se ha procedido a desglosar el trabajo a realizar en tareas más concretas y se le ha asignado un número estimado de horas a cada una. También se identifica en el siguiente cuadro el perfil profesional que corresponde a cada una estas tareas.

Super Solar: Videojuego Educativo de Plataformas 2D

Tareas	Horas	Inicio	Final	Rol
<b>PEC1. Plan de trabajo</b>	<b>78</b>	<b>19-2-2020</b>	<b>11-3-2020</b>	
Búsqueda de bibliografía	25	19-2	25-2	Jefe de proyecto
Lectura de bibliografía	25	26-2	3-3	Jefe de proyecto
Contexto y justificación	6	4-3	5-3	Jefe de proyecto
Objetivos	3	6-3	6-3	Jefe de proyecto
Enfoque y método	10	7-3	8-3	Jefe de proyecto
Planificación	9	9-3	11-3	Jefe de proyecto
<b>Diseño</b>	<b>75</b>	<b>12-3-2020</b>	<b>8-4-2020</b>	
Usuarios y contexto de uso	6	12-3	13-3	Analista
Descripción detallada del videojuego	10	14-3	15-3	Jefe de proyecto
Diseño de arquitectura	15	16-3	20-3	Analista
Diseño de prototipo	35	21-3	5-4	Ilustrador
Evaluación	9	6-3	8-4	Jefe de proyecto
<b>Implementación</b>	<b>122</b>	<b>9-4-2020</b>	<b>13-5-2020</b>	
Prototipo 1	72	9-4	28-4	Programador
Prototipo 2	50	29-4	13-5	Programador
<b>Entrega final</b>	<b>81</b>	<b>14-5-2020</b>	<b>5-6-2020</b>	
Revisar y completar la memoria	25	14-5	24-5	Jefe de proyecto
Presentación en vídeo	25	25-5	31-5	Jefe de proyecto
Preparación de los archivos a entregar	15	1-6	5-6	Jefe de proyecto

Tabla 2. Temporalización de tareas



Esta planificación es flexible, algunas de sus tareas se fragmentarán en otras más concretas y se adaptarán a los imprevistos y resultados de las evaluaciones. Estimo que dedicar unas 25 horas semanales es suficiente para realizar las tareas planificadas. Teniendo en cuenta las exigencias de mi puesto de trabajo y ámbito personal, he repartido dichas horas de la siguiente forma: tres horas diarias de lunes a viernes, y 5 horas diarias los sábados y domingos. En la siguiente gráfica de Gantt aparecen las tareas secuenciadas desde febrero hasta junio de 2020. Ha sido elaborada con la herramienta online TeamGantt ([teamgantt.com](http://teamgantt.com)).

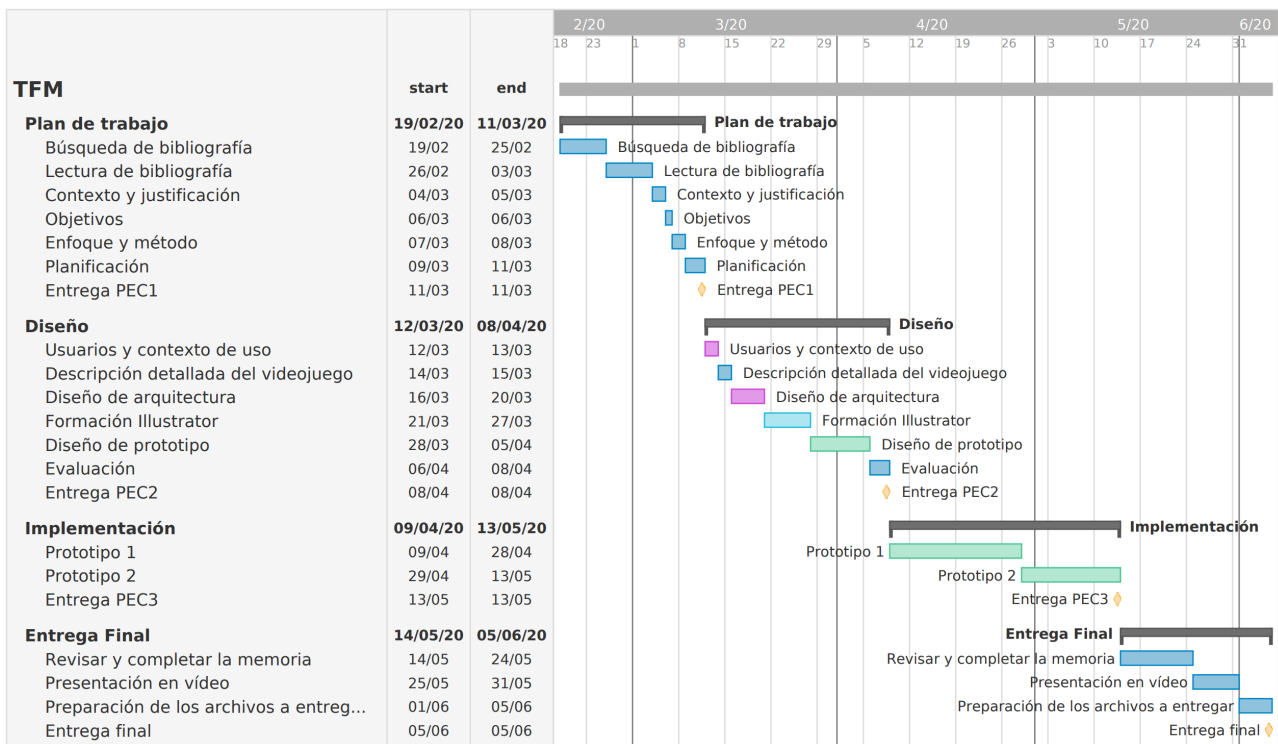


Figura 2. Planificación de tareas con gráfica de Gantt

## 1.5. Breve resumen de productos obtenidos

Al finalizar este proyecto, contaremos con los siguientes productos:

- Memoria en la que se describe con detalle todo el proceso de desarrollo, desde su planificación hasta su evaluación.
- Videojuego **Super Solar**. Es un juego educativo de plataformas 2D, motivador y favorecedor de aprendizajes sobre el sistema solar. Se adjunta a esta memoria el archivo apk para instalarlo en Android.

- Video en el que se presentan los aspectos principales del proceso de desarrollo, y se muestra el videojuego en acción y sus características principales.

## 2. Diseño

### 2.1. Usuarios y contexto de uso

Super Solar va a contar con dos tipos principales de usuarios. Por un lado, se prevé que jugarán, con un propósito recreativo, usuarios variados aficionados a los videojuegos, sobre todo los aficionados a videojuegos de plataformas tipo arcade. El otro tipo de usuarios son los que jueguen con fines educativos, en especial alumnos de primaria que ya hayan desarrollado una fluidez y comprensión lectora básica.

	<b>Agustín Sánchez Mulas</b>	SHORT NAME <b>AGU</b>
<p>FOTO</p> 	<p>FAMILIA</p> <p>Vivía con sus padres y su hermana menor. Se independizó el año pasado y ahora comparte piso con un amigo.</p>	
<p>EDAD</p> <p>27</p>	<p>DISPOSITIVOS INFORMÁTICOS</p> <p>Portátil Lenovo, Samsung S9 y un iPad de 2017</p>	
<p>PROFESIÓN</p> <p>Diseñador gráfico</p>	<p>APLICACIONES HABITUALES</p> <p>Leo's Fortune, Limbo, Gris, Dead Cells, Instagram, YouTube, Photoshop, WhatsApp</p>	
<p>LOCALIDAD</p> <p>Barcelona</p>	<p>RUTINA DIARIA</p> <p>Le gustan los videojuegos de plataformas y utiliza el móvil para jugar cuando está fuera de casa y tiene tiempo libre. Por ejemplo, cuando se desplaza en transporte público o espera su turno en una tienda. En casa suele utilizar más el iPad o el ordenador para jugar pero también utiliza el móvil. Utiliza el dispositivo correspondiente a la plataforma del videojuego al que esté aficionado en ese momento.</p>	

Figura 3. Persona representativa de usuario aficionado a los videojuegos de plataformas

La muestra seleccionada para el análisis de las motivaciones y necesidades de los usuarios es el curso de quinto de primaria del C.E.I.P. El Puntal en Murcia. Es un colegio de actuación preferente donde la mayoría de los alumnos son de etnia gitana o hijos de familias inmigrantes. Es un colegio pequeño, con pocos alumnos, y algunos cursos están juntos en una misma clase (1º y 2º de infantil, 3º de infantil y primero, y segundo y tercero). En cuanto a recursos tecnológicos, el colegio dispone de un aula con 15 ordenadores, de 15 tablets, y de un ordenador y proyector por clase.

El número de alumnos por aula es pequeño. En el curso de quinto hay 7 en total, 4 chicas y 3 chicos. Son creativos, enérgico y proactivos. Aprenden rápido cuando están motivados y en actividades dinámicas que requieren una participación activa. Están habituados al uso de *smartphones* en casa y de tablets en el colegio. He comprobado que los medios digitales les motivan. La realización de una actividad en el ordenador o en una tablet le resulta más atractiva que la misma realizada en un libro o cuaderno.

La principal necesidad académica que presentan estos alumnos es mejorar su competencia lectora. Su aprendizaje en el ámbito de asignaturas como ciencias sociales mejoraría con la adquisición de hábitos de lectura. Además de los libros, existen otros medios para desarrollar el placer por la lectura. Los videojuegos también pueden contribuir a este propósito. Con esta finalidad, Super Solar incluye textos con datos interesantes que requieren de su comprensión para poder superar los niveles.

A partir de los datos obtenidos de las entrevistas con mis alumnos, he elaborado la siguiente persona representativa de sus hábitos:

María tiene 10 años y vive en Espinardo (Murcia) con su madre, sus dos hermanos mayores y su abuela. Está cursando quinto de primaria en el C.E.I.P. El Puntal. Una vez terminadas las horas lectivas, come en el comedor y se queda en las actividades extraescolares. Su abuela la recoge a las 6 de la tarde porque su madre llega a casa del trabajo a las 20:30. En casa juega con su móvil hasta que llega su madre. Hace un año, su madre se compró un móvil nuevo y le dio el antiguo a María, un Samsung Galaxy S7. María lo usa sin tarjeta SIM pero conectado a WIFI. Suele sentarse en el sofá del salón, o tumbarse en la cama de su dormitorio, y acceder con su móvil a redes sociales (TikTok e Instagram), jugar a juegos (Geometry Dash Lite, Subway Surfers y Snake.io) y, sobre todo, ver vídeos en YouTube. Está en contacto con algunos compañeros del colegio por las

redes sociales. Entre ellos comparten los vídeos, aplicaciones y videojuegos que le gustan. Usa auriculares cuando la música o el sonido puede molestar a un familiar y cuando la tele está encendida o sus hermanos están escuchando música.

	<b>María Fernández Rodríguez</b>	SHORT NAME <b>MARÍA</b>
FOTO 	FAMILIA Vive con su madre, su abuela y sus dos hermanos mayores.	
EDAD 10	DISPOSITIVOS INFORMÁTICOS Samsung Galaxy S7	
CURSO 5º de primaria	APLICACIONES HABITUALES TikTok, Instagram, Snake.io, Subway Surfers, Geometry Das Lite, YouTube, WhatsApp	
LOCALIDAD Espinardo (Murcia)	RUTINA DIARIA Por las tardes, suele usar el móvil para jugar, ver vídeos en YouTube, grabar TikToks y comunicarse con sus compañeros y amigos por WhatsApp.	

Figura 4. Persona representativa de usuario de Educación Primaria

## 2.2. Historia de Super Solar

Super Solar es un ser extraordinario, una estrella incandescente en miniatura. Nació en el Sol junto a cientos de sus hermanos y creció al abrigo del astro hasta que tuvo edad de conocer el Sistema Solar. El Sol le ha encomendado la misión de visitar todos los planetas, aprender de ellos, y en su viaje conocer a los Nunakis. Los Nunakis son seres provenientes del planeta Próxima Centauri b, a 4,2 años luz de la Tierra, es el exoplaneta más cercano al Sistema Solar. Son seres oscuros que llevan a las sombras todos los lugares que tocan para sentirse como en casa, disparando sus partículas de oscuridad.

La ausencia de oscuridad les asusta. Si llegaran a oscurecer el Sistema Solar entero, ninguna forma de vida podría sobrevivir, incluido Super Solar, y los Nunakis jamás conocerían otra cosa y se quedarían solos para siempre. El objetivo de Super Solar es iluminar a los Nunakis y transformarlos en fuentes de luz. En su viaje por el Sistema Solar, Super Solar iluminará las zonas que los Nunakis han ensombrecido mientras aprende sobre todos los planetas que orbitan alrededor del Sol.

## **2.3. Los niveles de Super Solar**

El videojuego consta de ocho niveles, cada nivel es un planeta del Sistema Solar. Los niveles se juegan en orden atendiendo a su cercanía al Sol. Cada planeta tiene un número variable de puntos de control dependiendo de su tamaño. Es posible pasar varias veces por un mismo punto de control puesto que Super Solar puede avanzar y retroceder. Cada que vez que se pase por un mismo punto de control, la información mostrada será distinta. A continuación se muestra la información proporcionada en los puntos de control de cada planeta. Esta información ha sido extraída de Gabàs Masip (2018).

### **2.3.1. Mercurio**

- Es el planeta más pequeño del Sistema Solar y el más cercano al Sol. Un día tiene la duración de 57,8 días terrestres y sus años son de 88 días.
- La excentricidad de su órbita junto con sus noches tan largas y una atmósfera tan tenue, hace que las temperaturas oscilen mucho, desde un calor infernal de 430 grados a un frío extremo de -190 grados.
- Apenas tiene atmósfera que frene a los meteoritos o erosione los cráteres. Por eso hay muchos cráteres en su superficie. Los más pequeños son de pocos metros y los más grandes de miles de kilómetros.
- Pese a ser el planeta más cercano al Sol, tiene cráteres en los que nunca da el sol y hay hielo.

- Se han detectado multitud de grietas de miles de kilómetros de longitud. Estas grietas cruzan llanuras y cráteres. Es probable que se hayan formado por el enfriamiento del planeta.

### 2.3.2. Venus

- Es el segundo planeta más cercano al Sol. Dependiendo de dónde se encuentre en su órbita, está a una distancia de entre 107,4 y 109 millones de kilómetros del Sol.
- Es el planeta que más se acerca a la Tierra y el tercer astro más visible desde la Tierra después del Sol y la Luna.
- Hay pocos cráteres en la superficie y los que se encuentran son de más de 3 km. Su densa atmósfera desintegra los meteoritos más pequeños.
- Se cree que hace millones de años impactó un enorme meteorito, provocando muchísimas estructuras volcánicas y una rotación retrógrada, en sentido contrario al de la mayoría de los planetas.
- Su densa atmósfera está compuesta por dióxido de carbono, algo de nitrógeno y gruesas nubes de ácido sulfúrico que cubren completamente el planeta.
- Al tener una atmósfera tan densa, la presión sobre la superficie es muy grande, unas 90 veces superior que en la Tierra. Equivale a la presión a 900 m de profundidad bajo el nivel del mar.
- Sus nubes reflejan hacia el espacio la mayor parte de los rayos solares, lo que hace que su superficie sea oscura. Los rayos que consiguen atravesar las nubes quedan atrapados dentro de la atmósfera. Ello genera un fuerte efecto invernadero.
- Es el planeta más caliente del Sistema Solar. La media de la temperatura en su superficie es de 464 °C. Esta temperatura es constante, apenas varía durante el día y la noche. Esto resulta bastante sorprendente teniendo en cuenta que cada día en Venus corresponde a 116,7 días terrestres.
- Los vientos en la atmósfera superior son muy violentos. Arrastran las nubes y dan la vuelta al planeta en cuatro días. En la superficie, los vientos son menos violentos pero, debido a la alta presión, tienen mucha fuerza.

- Su campo magnético es muy débil y no es capaz de proteger al planeta del viento solar. Es el motivo por el que el agua se descompuso en hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno se escapó hacia el espacio y el oxígeno permanece en la atmósfera en forma de dióxido de carbono.

### 2.3.3. Tierra

- Su movimiento de traslación tarda 365,26 días en dar una vuelta completa alrededor del Sol. Su periodo de rotación es de 23,9 horas.
- La Tierra es el planeta más grande del Sistema Solar interior. Su circunferencia media es de 4000 km exactos.
- La temperatura en el interior de la Tierra aumenta con la profundidad, llegando a alcanzar temperaturas más altas que en la superficie del Sol.
- El 70,8% de la superficie terrestre está cubierta con agua. La fosa de las Marianas es el lugar más profundo a unos 11 km bajo el nivel del mar. El punto más alto se encuentra en la cordillera del Himalaya, a unos 9 km por encima del nivel del mar.
- Las sales minerales disueltas en el agua han tenido un papel fundamental en el desarrollo de la vida.
- La atmósfera terrestre es suficientemente densa para protegernos de los meteoritos más pequeños. Está compuesta por un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y el resto son trazas de otros gases. El oxígeno es imprescindible para los seres humanos.
- La temperatura media de la atmósfera es de 15 grados. A 100 km de altitud termina la atmósfera y empieza el espacio exterior.
- Ha habido varias extinciones masivas en los últimos centenares millones de años. La última tuvo lugar hace 65 millones de años, generada por un meteorito, provocó la extinción de los dinosaurios.
- La evolución de los seres vivos ha sido posible gracias a una atmósfera que conserva el calor y a la presencia de agua líquida en la superficie. Los seres humanos habitamos la Tierra desde hace menos de 200.000 años.



- Debido a la magnetosfera, el viento solar solo puede entrar por los polos magnéticos, generando las auroras boreales.
- La Tierra tiene un satélite: la Luna. Es el satélite más grande en relación con su planeta de todo el Sistema Solar.

#### 2.3.4. Marte

- Tiene dos satélites: Fobos y Deimos. Fobos es el más cercano y grande. Tiene una órbita más rápida que la rotación de Marte. Deimos es más pequeño y lejano. Su órbita es más lenta que la rotación marciana.
- Su campo magnético es mucho más débil que el de la Tierra. Los vientos solares generan auroras boreales que llegan a zonas cercanas al ecuador.
- En el pasado había mucha agua líquida en Marte. En su superficie podemos observar los vestigios de la erosión provocada por ríos y mares.
- Uno de los atractivos de Marte es la posibilidad de que haya albergado vida en el pasado. Incluso, no se descarta que exista vida actualmente.
- Las temperaturas varían mucho entre el día y la noche. En la zona ecuatorial, la temperatura puede oscilar entre  $-80^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$  en los solsticios.
- El viento erosiona las rocas y transporta partículas que se depositan en las zonas bajas y crean dunas. El cielo diurno es de color rosa salmón debido a las partículas suspendidas en el aire.
- Sus nubes son de vapor de agua y dióxido de carbono. En invierno, algunas contienen cristales de hielo.
- La presión en su superficie es muy baja, menos de una centésima parte que en la Tierra.
- La débil atmósfera marciana está compuesta de dióxido de carbono, un poco de nitrógeno y trazas de vapor de agua.
- Existe gran cantidad de agua congelada en Marte. La podemos encontrar bajo la superficie y también en la superficie, en los casquetes polares.

- La gravedad en la superficie marciana es una tercera parte de la gravedad en la Tierra.
- Gran parte de su superficie está cubierta por polvo fino de óxido de hierro, lo que le confiere su aspecto rojizo. Dependiendo del tipo de polvo, existen zonas más claras y otras más oscuras.
- El monte más alto del Sistema Solar se encuentra en Marte. Se trata del monte Olimpo, con más de 600 km de largo en la base y con 25 km de altitud.

### 2.3.5. Júpiter

- Su ciclo día-noche es el más corto de los planetas del Sistema Solar. Es de tan sólo 9,9 horas.
- Es el planeta más grande del Sistema Solar y tiene, al menos, 67 satélites confirmados.
- Es un planeta gaseoso y, por lo tanto, carece de una superficie bien definida. Conforme vamos adentrándonos en el planeta, va aumentando la presión y los gases empiezan a convertirse en líquidos. Por encima de los 1000 km de profundidad predomina el estado gaseoso y, por debajo, el estado líquido.
- Está en un proceso de enfriamiento. Conforme se va enfriando se va haciendo más pequeño. Encoge unos pocos centímetros al año. Cuando se formó era el doble de grande que actualmente.
- El 97% del planeta está compuesto de hidrógeno y helio. El núcleo del planeta está formado por silicatos y hierro. La capa contigua al núcleo contiene agua, metano y amoníaco.
- Las nubes son de vapor de agua, compuestos de azufre y amoníaco. Su atmósfera comienza a los 90 km de profundidad y está formada por un 87% de hidrógeno y un 13% de helio. Es muy turbulenta y sus vientos alcanzan hasta los 500 km/h.

### 2.3.6. Saturno

- Su movimiento de traslación alrededor del Sol es de 29,5 años y su movimiento de rotación es de 10,2 horas.
- Tiene bastantes cosas en común con Júpiter. Se trata de un planeta gaseoso con una atmósfera y estructura interna similar. Las nubes tienen una composición parecida y los vientos también son violentos.
- Se distingue de los demás planetas sobre todo por su sistema de anillos. Están formados por un inmenso número de pequeños cuerpos que orbitan alrededor de Saturno. Estos cuerpos varían de tamaño desde unos pocos metros hasta partículas microscópicas y están compuestos en su mayoría por agua helada.
- Es el planeta de menor densidad del Sistema Solar,  $700 \text{ kg/m}^3$ .
- Se forman tormentas que pueden durar centenares de días, las más largas del Sistema Solar.
- La nave Cassini está orbitando alrededor de Saturno desde 2004. Saturno cuenta al menos con 62 satélites detectados.
- En el polo norte podemos ver un patrón hexagonal de ondas estacionarias de unos 14.000 km de lado.
- En el polo sur se detectó el ojo de un huracán con vientos superiores a 500 km/h y de 8000 km de diámetro.

### 2.3.7. Urano

- Es un planeta gaseoso como Júpiter y Saturno, y, por lo tanto, no tiene una superficie bien definida.
- Tiene un sistema de anillos y 27 satélites con órbitas confirmadas.
- Alrededor de sus polos magnéticos aparecen auroras boreales.
- Su campo magnético arrastra partículas cargadas del planeta que chocan con sus satélites y anillos.

- En 1986, la nave Voyager 2 visitó Urano. Es la única que lo ha visitado hasta la fecha.
- Su atmósfera está formada por hidrógeno y helio y su temperatura media es de  $-200^{\circ}\text{C}$ . Es muy similar a la de Neptuno y, por eso, a estos dos planetas se les conoce como los gigantes helados.
- En 2007 se detectó una estructura de cinturones con vientos de hasta 900 km/h.
- Hay nubes de metano, otras de agua y otras de compuestos de amoníaco y azufre.

### 2.3.8. Neptuno

- Su eje magnético está inclinado uno  $47^{\circ}$  respecto a su eje de rotación. En torno a sus polos magnéticos se forman auroras boreales.
- Cuenta con 5 anillos. Los más interiores son oscuros y el exterior es azul brillante. Este último no está completo sino que forma arcos.
- Tiene 14 satélites conocidos. El más grande de ellos, y con bastante diferencia, es Tritón. Es un poco más pequeño que la Luna pero cuenta con una tenue atmósfera.
- Tiene nubes a gran altitud formando cinturones alrededor del planeta. Estas nubes proyectan sombras sobre la nubes inferiores. Por debajo probablemente existan más capas de nubes.
- Al igual que Urano, la Voyager 2 es la única nave que lo ha visitado.
- Su atmósfera es muy dinámica, con vientos que llegan a alcanzar hasta los 2000 km/h, los más fuertes del Sistema Solar. La temperatura media de la atmósfera es similar a la de Urano, de unos  $-200^{\circ}\text{C}$ .

## 2.4. Diseño inicial

Algunos diseños de personajes y de las pantallas se han hecho primero en papel y luego se han dibujado en Illustrator. Otros gráficos se han diseñado directamente en Illustrator. Una vez diseñadas las distintas pantallas en Illustrator se ha creado el proyecto de Unity. En él se ha creado una escena por pantalla (en Unity, se le llama escena a cada pantalla

del videojuego). De momento son 5 pues solo está diseñado el primer nivel. Cuando estén diseñados los ocho niveles/planetas, serán 12 escenas en total.

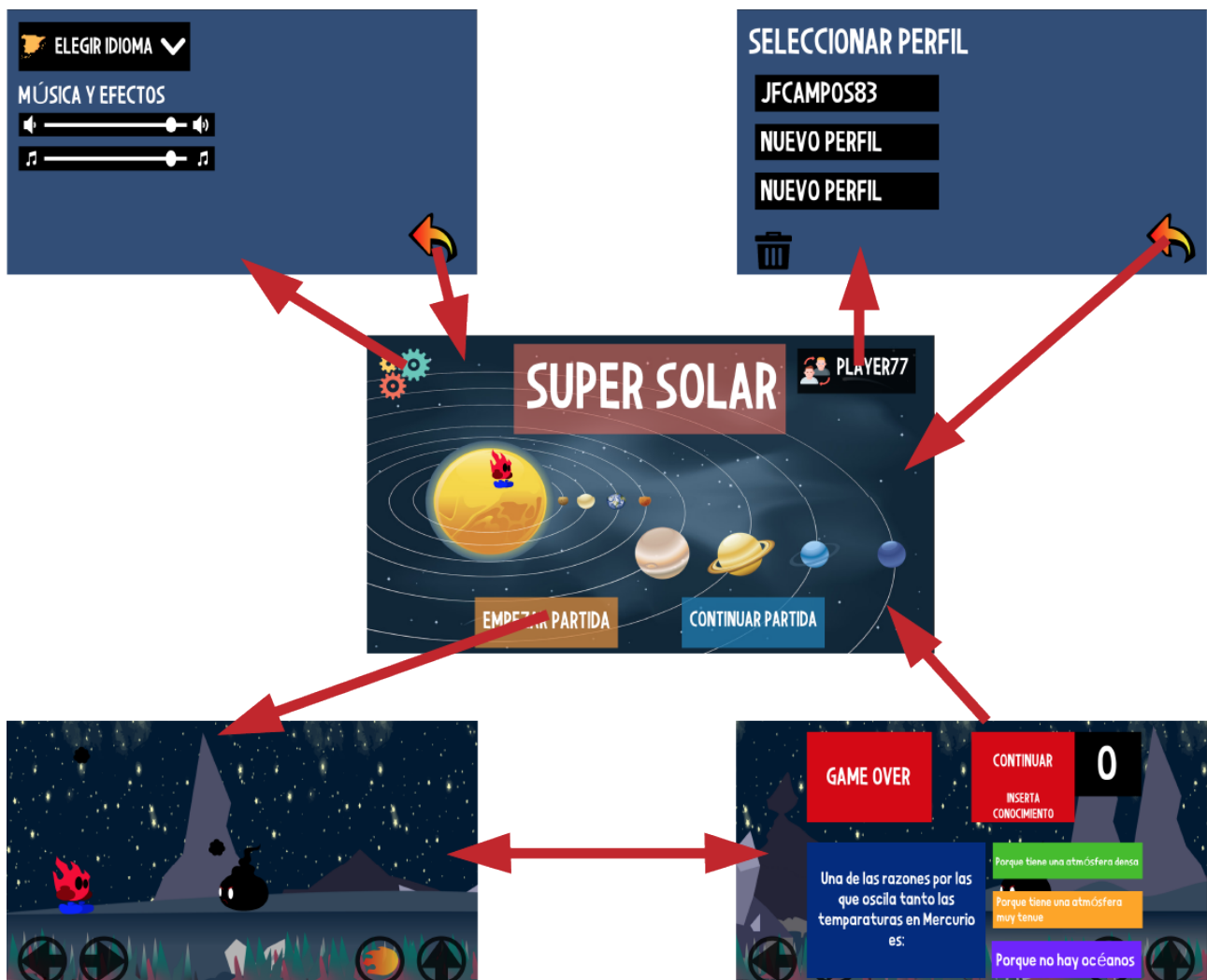


Figura 5. Gráfico de navegación del videojuego

En el diseño de los gráficos y las distintas pantallas se ha tenido en cuenta el concepto de usabilidad y experiencia de usuario. Se han utilizado colores que contrastan para identificar fácilmente los distintos elementos. Los elementos del menú inicial y los controles del videojuego están colocados en los lugares más habituales en los videojuegos para dispositivos móviles. Utilizar un patrón de diseño generalizado por la comunidad de diseñadores y desarrolladores hace que la aplicación sea fácil de utilizar (Flamarich Zampalo, s.f.). Uno de mis juegos favoritos, y el que más he tenido como referencia a la hora de decidir la posición en pantalla de los elementos del menú y de los controles, es Nihilumbra<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> <sup>12</sup> [BeautiFun Games. Nihilumbra \[Videojuego\]](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.BeautiFunGames.Nihilumbra&gl=ES) Descargado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.BeautiFunGames.Nihilumbra&gl=ES>

En cuanto al diseño del menú inicial, se ha adoptado una filosofía minimalista. "La interfaz debe ser fácil de aprender, pero el juego debe ser difícil de dominar" (Juul & Norton, 2009). El objetivo es que el jugador pueda empezar la partida de la manera más directa y rápida posible. Por ello, cuando se instala, ya cuenta con un perfil de usuario por defecto. Un usuario nuevo se puede crear fácilmente y el usuario por defecto se puede eliminar. Para crear uno solo es necesario escribir un nombre.

La primera pantalla que se muestra al iniciar el juego es el menú inicial. En este menú aparecen las opciones de empezar partida, continuar partida, cambiar de usuario y ajustes. La primera vez que juguemos, ambas opciones, empezar y continuar partida, mostrarán el primer nivel: Mercurio. El resto de planetas/niveles se irán desbloqueando conforme vayamos salvando cada planeta de los Nunakis. Los planetas que ya hayan sido salvados aparecerán animados emitiendo partículas de luz y el siguiente planeta a salvar siempre aparece cubierto de sombras que van creciendo. Aunque un planeta ya esté salvado, se puede volver a jugar. El dibujo del sistema solar del menú inicial no es el definitivo. Se diseñará uno similar con los planetas a escala pero más grandes para facilitar seleccionarlos.



Figura 6. Super Solar: menú inicial

Si tocamos el icono de ajustes en el menú inicial, en la esquina superior izquierda, la app mostrará la siguiente pantalla. Aquí podemos cambiar el idioma. Inicialmente, contaremos con dos opciones de idiomas, español e inglés. Los controles más abajo nos permiten variar el volumen de la banda sonora y los efectos de sonido. La flecha en la esquina inferior derecha nos lleva de vuelta al menú inicial.



Figura 7. Super Solar: ajustes

En el menú principal, al tocar el nombre de usuario por defecto que aparece en la esquina superior derecha, se nos muestra la siguiente pantalla. Aquí podemos crear y seleccionar nuevos perfiles. También podemos eliminar los que ya no utilizemos. Tener diferentes perfiles posibilita a varios usuarios jugar en el mismo dispositivo conservando su progreso.



Figura 8. Super Solar: usuarios

La siguiente captura de pantalla corresponde al inicio del nivel 1, Mercurio. El videojuego solo acepta la orientación paisaje. Si giramos el dispositivo, la app se adapta a su posición si se trata de una de las dos orientaciones de paisaje permitidas. En la parte inferior se encuentran los controles en el siguiente orden empezando por la izquierda: correr hacia la izquierda, correr hacia la derecha, lanzar llama y saltar. En lugar de mostrar un *joystick* con las cuatro direcciones habituales, se ha decidido colocar el botón de salto separado, como, por ejemplo, en Super Mario Bros<sup>13</sup>, porque permite una mejor jugabilidad. Colocarlo separado también posibilita unos botones más grandes y fáciles de pulsar, y supone una invasión menor de la parte inmediatamente superior donde se desplaza Super Solar y los Nunakis.

<sup>13</sup> Nintendo EAD. Super Mario Bros. [Videojuego]



Figura 9. Super Solar: nivel 1/Mercurio

En la siguiente captura, Super Solar ha llegado a un punto de control/información. Estos puntos se reconocen por la presencia de una nave espacial. En ellos se muestra una información aleatoria acerca del nivel en el que nos encontramos, en este caso Mercurio. El texto se muestra animado, como si se estuviese escribiendo en tiempo real. Una vez leído, es necesario pulsar el botón continuar para reanudar el juego. Es importante leer detenidamente la información porque se nos harán preguntas sobre ella.

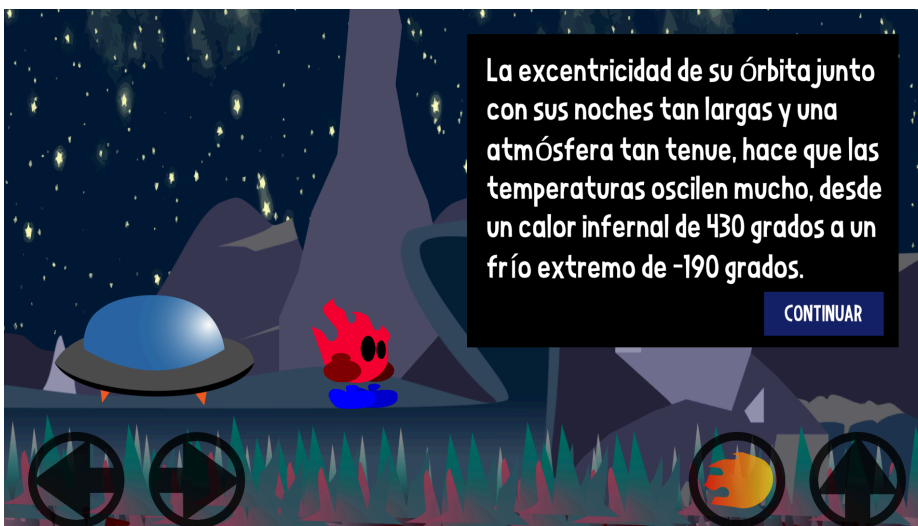


Figura 10. Super Solar: punto de control/información

Cuando Super Solar cae al vacío o es tocado por un ser oscuro, o una de las partículas que desprende, la partida está perdida y el juego nos redirige al menú inicial. Sin embargo, si hemos pasado anteriormente por un punto de información se nos mostrará la siguiente pantalla. Tenemos entonces diez segundos para contestar. La pregunta es sobre el planeta en el que nos encontramos y sobre una de las informaciones que se nos



han mostrado hasta el momento. Si la respuesta es correcta, se reanuda la partida desde el último punto de información. Si la respuesta es incorrecta, volvemos al menú inicial.



Figura 11. Super Solar: *game over*/insertar conocimiento

## 2.5. Diseño inicial de arquitectura

Un videojuego está compuesto por diferentes escenas en Unity. Cada escena consta de, como mínimo, una cámara y de un conjunto de game objects. Un game object puede ser un objeto vacío o puede contener varios componentes. A cada game object se le añaden los componentes necesarios. Los componentes son, por ejemplo, un *sprite*, un detector de colisiones, un simulador de física o un *script*. Cada game object que contenga un componente *sprite* y tenga algún tipo de comportamiento (el personaje principal, los seres oscuros, la llama de fuego que dispara el personaje principal, las partículas de oscuridad que sueltan los seres oscuros... ) tendrá un *script* asociado en el que se programa sus movimientos y se gestionan sus colisiones. El lenguaje de programación utilizado es C#. Además de estos *scripts*, cada nivel contiene dos game objects cuyo único componente será un *script*. Se trata del game object GameLogic y del game object Data. El *script* de Data es el encargado de transformar los archivos JSON en objetos y en proporcionar la información que contienen al objeto GameLogic. GameLogic es el encargado de gestionar la lógica del nivel. Más concretamente, es el encargado de:

- Gestionar los *game over* cuando Super Solar cae al vacío o es tocado por una sombra.
- Mostrar preguntas relacionadas con algunas de las informaciones ya mostradas.

- Comprobar si la respuesta es correcta.
- Reanudar la partida desde el último punto de control si la respuesta es correcta, o redirigirnos al menú inicial si no lo es.

Los controles para dirigir las acciones de Super Solar se muestran en la parte inferior de la pantalla. Dichos controles están implementados usando la librería `UnityStandardAssets.CrossPlatformInput`. Los controles no son añadidos a la escena como *sprites* sino como elementos UI dentro de un *canvas*. De este modo, los botones se mantienen siempre posicionados en el mismo sitio independientemente del movimiento de la cámara.

Los datos de la aplicación, la información de los puntos de control y las preguntas, se almacenan en archivos JSON. Estos archivos se encuentran, dentro de la carpeta del proyecto de Unity, en `Assets/Resources`. Cada nivel/planeta cuenta con dos archivos JSON, uno con las informaciones de los puntos de control/información, y otro con las preguntas y respuestas. Al cargarse un nivel, cada uno de estos archivos se cargará en un objeto de su clase correspondiente: `ControlPoints` o `Questions`. Estas clases están definidas dentro del *script* asociado al objeto `Data`.

Las preferencias del usuario, correspondientes al menú de ajustes, se guardan en `PlayerPrefs`. Se trata de una clase del paquete `UnityEngine` proporcionado por Unity. Su propósito es guardar las preferencias del usuario entre diferentes sesiones. En el caso de Super Solar, en `PlayerPrefs`, guardaremos información sobre el idioma seleccionado y el volumen de la música o efectos sonoros. También guardaremos información sobre los perfiles creados y los niveles o logros desbloqueados. `PlayerPrefs` guarda toda la información en una ubicación del disco duro del dispositivo. En el siguiente enlace podemos ver la ubicación de dicha información <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/PlayerPrefs.html>

A continuación se muestra el diagrama UML del diseño de las clases de un nivel. Los ocho niveles se programarán siguiendo la misma arquitectura de clases. Cuando sea necesario ajustar alguna de estas clases para adaptarlas a las características específicas de un nivel, se creará una clase hija que sobrescriba las variables o funciones requeridas.

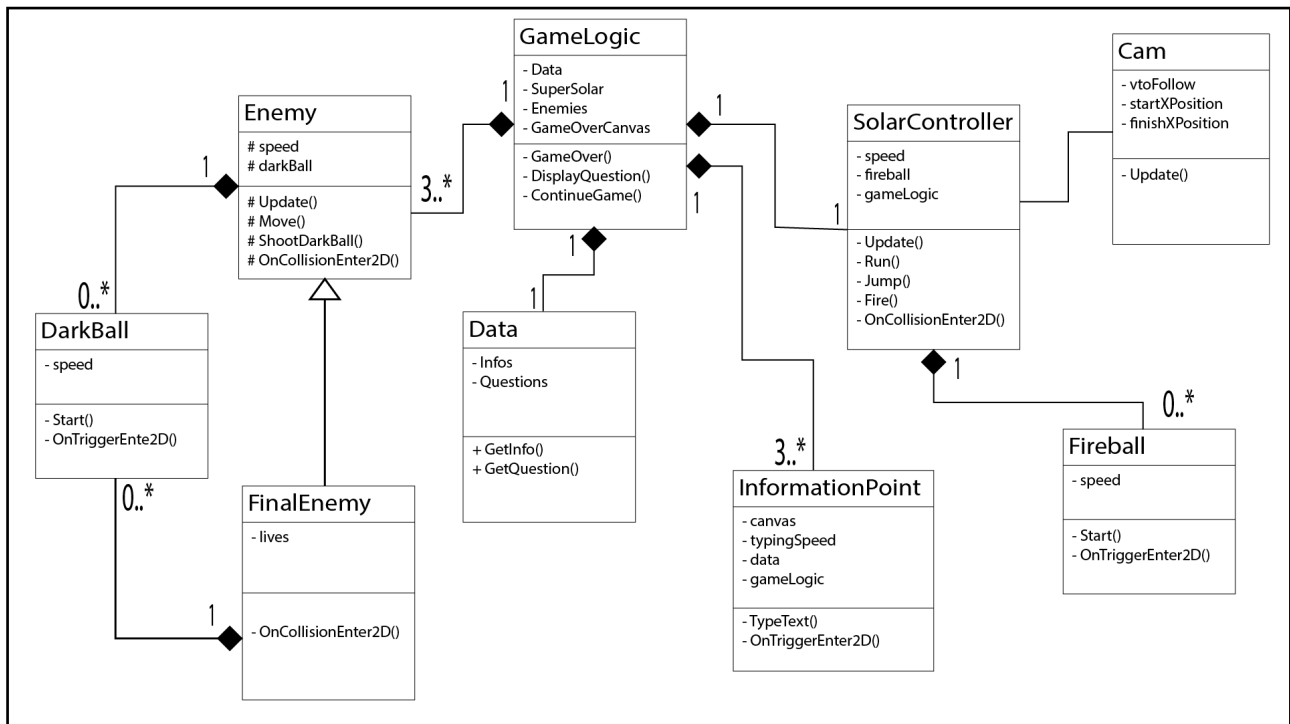


Figura 12. Diagrama UML de la estructura de clases para los niveles de Super Solar en Unity

## 2.6. Evaluación del diseño inicial

Me he encontrado con más dificultades de las esperadas en el diseño de los gráficos. Como ya he comentado antes, después de aprender a usar Inkscape me di cuenta de que iba demasiado lento, sobre todo cuando aumentó el número de objetos al diseñar el fondo y las plataformas del nivel de Mercurio. Cambiar a Illustrator fue como empezar de nuevo. Me llevó tiempo aprender y habituarme al nuevo entorno.

En cuanto a los gráficos, mi objetivo era diseñar unos gráficos simples y minimalistas pero atractivos. Esta tarea es más compleja de lo que había imaginado. Me llevó más tiempo del planificado diseñar el protagonista, Super Solar, y los demás elementos del primer nivel. No he quedado muy contento con el resultado y me estoy planteando intentar rediseñar algunos gráficos o buscar la colaboración de un ilustrador. Debo de tomar esta decisión antes de comenzar a diseñar el resto de los niveles.

Había previsto un **test con usuarios para evaluar la usabilidad del diseño**. Sin embargo, debido a que el viernes 14 de marzo se cortaron las clases por la crisis del coronavirus, no ha sido posible. Dicho test se llevará a cabo con 7 alumnos de quinto de primaria cuando se reanuden las clases y se hará con el prototipo que se encuentre desarrollado en ese momento. Instalaré el prototipo en 7 tablets del colegio y observaré

cómo los alumnos utilizan el menú para iniciar la primera partida, cómo utilizan los controles para jugar, las dificultades que encuentran, el grado de dificultad del juego y de las preguntas, y el tiempo que tardan en leer las informaciones y en contestar a las preguntas. También se realizarán entrevistas individuales para evaluar la experiencia de usuario e identificar posibles aspectos a mejorar que hayan pasado desapercibidos en el test con usuarios.

En el caso de que no se reanuden las clases en el tercer trimestre debido al coronavirus, compartiré los prototipos con los alumnos para que los puedan instalar en sus dispositivos y los entrevistaré por videollamada.

## **3. Prototipo 1**

Este prototipo cuenta con un nuevo diseño. Debido a la evaluación del diseño anterior, para lograr un videojuego con una estética más interesante, he buscado la colaboración del un ilustrador. Un amigo en común me puso en contacto con Llorenç Villanueva Gutiérrez. Tras explicarle la idea del videojuego y enviarle el diseño con el que contaba hasta entonces, aceptó colaborar. Todos los gráficos incluidos a partir de este momento han sido dibujados por él. Utiliza un iPad y la aplicación Procreate para dibujarlos.

Acordamos rediseñar el primer nivel para el primer prototipo. Esto ha supuesto una demora en la planificación pero merece la pena porque el resultado ha quedado bastante más atractivo.

### **3.1. Diseño**

El diseño del primer nivel comenzó con el diseño de las plataformas en Illustrator. El nivel completo tiene una longitud de 19.200 px. Está formado por 10 imágenes consecutivas de 1920 \* 1080. Hice este boceto en una sola imagen continua en Illustrator y luego la dividí en 10 partes. El objetivo de este boceto era ofrecer una referencia al ilustrador y facilitarle la tarea de dibujar y añadirles detalles al nivel.

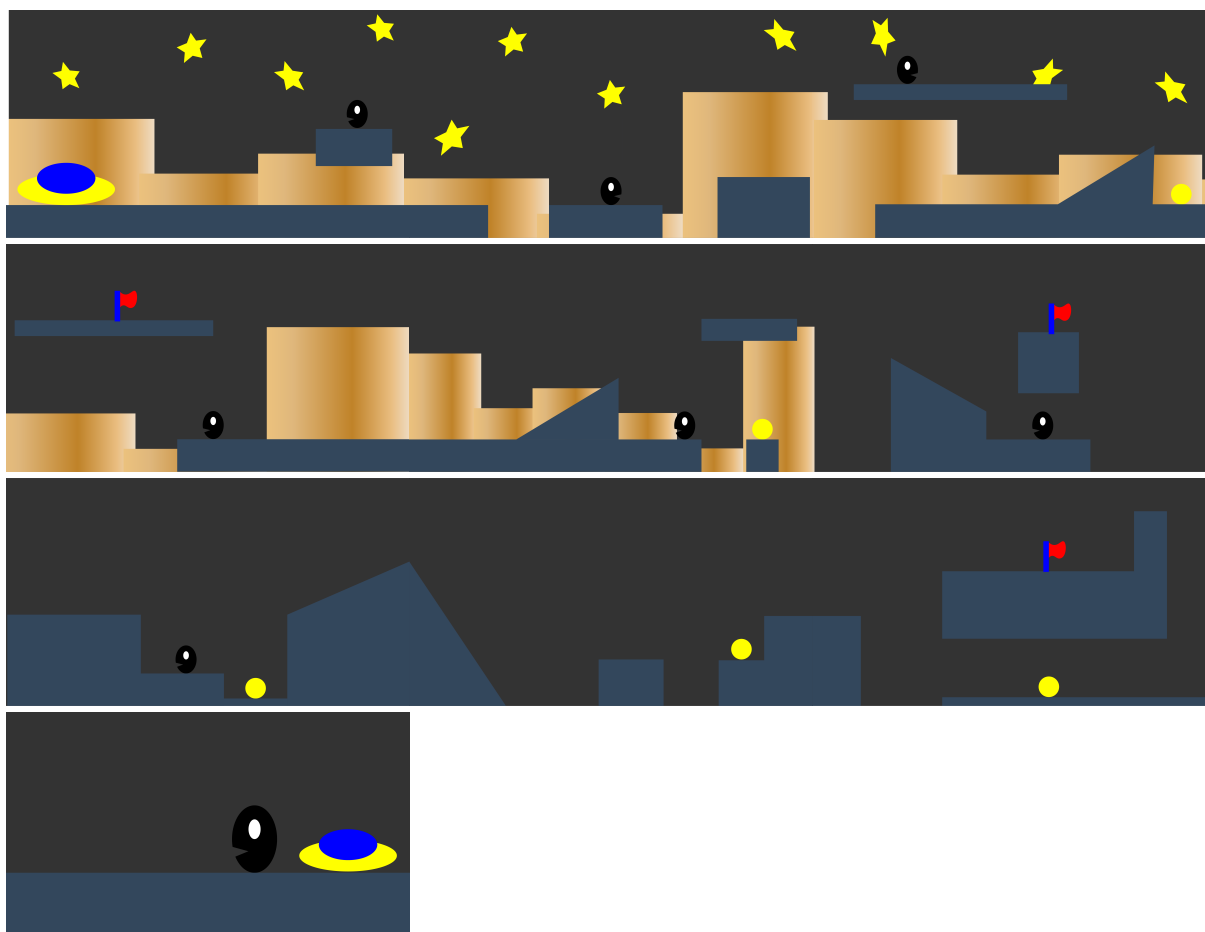
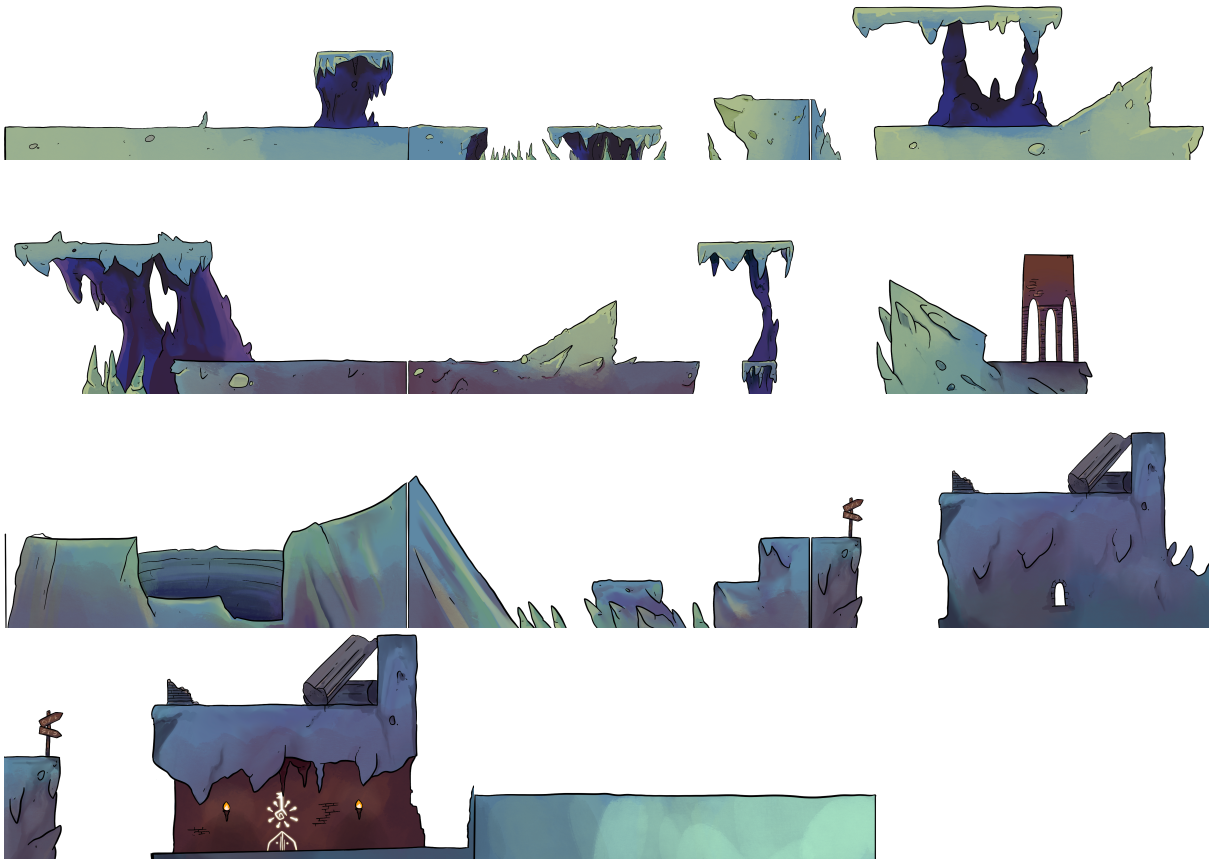


Figura 13. Prototipo 1: Boceto del primer nivel

La primera vez que intenté importar el boceto en Unity, lo incluí todo completo en una sola imagen. Al importarlo así, Unity le bajaba la resolución y la imagen perdía muchísima calidad. Me llevó un tiempo descubrir que era debido a la opción de importación: Max Size. Por defecto el mayor tamaño permitido es 2048 px. Si la longitud de la imagen es de más de 2048, Unity le reduce el tamaño. El tamaño máximo que esta opción permite seleccionar es 8192. Sin embargo, yo estaba importando una imagen de 19.200 px de longitud. Debido a esta limitación del tamaño de importación, es necesario fragmentar el nivel en distintas imágenes. Ello permite al ilustrador importar la imagen sobre la que esté trabajando en una capa en Procreate para tenerla de referencia y evita que el programa vaya lento debido a un tamaño de imagen excesivamente grande.

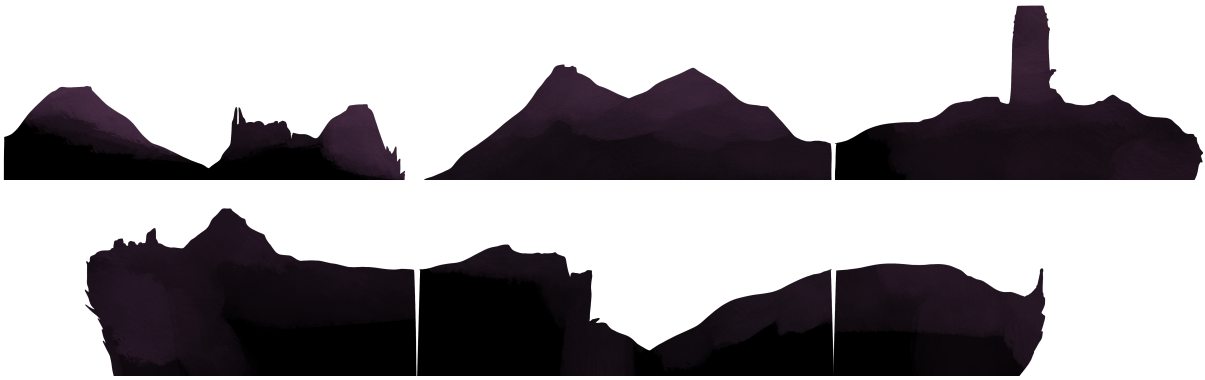
El trabajo colaborativo con Llorenç es telemático, no sólo por el actual estado de confinamiento, sino también porque vivimos en distintas ciudades. Nos comunicamos con WhatsApp y videollamadas, tenemos un archivo de notas compartido en Google Keep en el que creamos un listado de las tareas pendientes ordenadas por prioridad y una carpeta compartida en Google Drive. Los gráficos que dibuja en Procreate los sube a

la carpeta compartida en formato de PSD. Antes de importarlos a Unity, los abro en Photoshop y exporto cada capa por separado. De este modo, puedo animar ciertos elementos, crear efectos *parallax* y modificar el orden de profundidad de las capas en Unity.



**Figura 14. Prototipo 1: Plataformas del primer nivel**

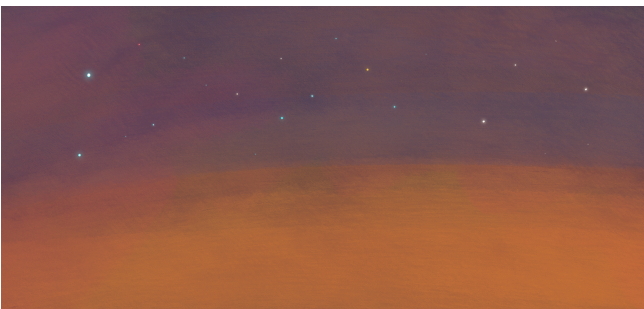
Estas plataformas constituyen la capa superior del juego. A esta capa no se le aplica efecto *parallax*. Es decir, permanece inmóvil mientras Super Solar y la cámara que le sigue avanzan. Por debajo de esta capa se encuentran tres capas más: la primera línea de montañas, la segunda línea de montañas y, como fondo, el cielo. A estas capas si se le aplica efecto *parallax*. Cuanto más atrás se encuentre la capa mayor será el efecto. El efecto consiste en mover las capas en el eje X e Y un porcentaje de lo que se mueve la cámara. Las capas de atrás se moverán más, tendrán un mayor porcentaje de efecto *parallax*. Al moverse más siguiendo la cámara parece que los gráficos de esa capa se mueven menos por estar más lejanos. La capa inferior, el cielo, es la que tiene un mayor efecto *parallax* y, por lo tanto, sigue casi al 100% el movimiento de la cámara dando la impresión de permanecer estático.



**Figura 15. Nivel 1: Primera línea de montañas**



**Figura 16. Nivel 1: Segunda línea de montañas**



**Figura 17. Nivel 1: Cielo**

El siguiente paso ha sido rediseñar al protagonista: Super Solar. El objetivo era lograr un protagonista atractivo y entrañable y creo que se ha conseguido. Un protagonista con encanto juega un papel importante en captar el interés de los jugadores y en la creación de una experiencia de juego satisfactoria. A diferencia del diseño inicial, donde el protagonista parecía una llama de fuego, ahora se trata de un mini sol con su propio satélite que le orbita y le va proporcionando información sobre los planetas que visita.





**Figura 18. Diseño de Super Solar**

Se ha optado por animaciones clásicas, fotograma a fotograma, en lugar de animaciones basadas en esqueletos virtuales. Dado el tipo de ilustración del videojuego, animaciones basadas en esqueletos quedarían más robóticas pues no ofrecen tanta libertad en la transformación de las formas y los colores. La siguiente tabla incluye las animaciones del primer nivel.

Elemento animado	Acciones	Imagen de ejemplo
Super Solar	Reposo Correr Saltar Aterrizar Disparar Desaparecer	
Nunakis	Avanzar Disparar Desaparecer Reposo tras ser iluminado	
Jefe final nunaki	Reposo Disparar Desaparecer	
Ataque de luz y fuego	Movimiento de avance Explotar	
Ataque de oscuridad	Movimiento de avance Explotar	
Puntos de control	Resplandor al activarse	
Bandera	Reposo	
Muna (El satélite que gira alrededor de Super Solar)	Reposo Rotación	
Plataforma con túnel secreto	Terremoto Revelación del túnel	

Tabla 3. Animaciones del nivel 1

El ilustrador ha dibujado cada fotograma en una capa distinta en Procreate. Terminada cada animación, la ha exportado a formato PSD y guardado en nuestra carpeta

compartida en Google Drive. En Photoshop he exportado cada capa como una imagen independiente con la opción “Layers to Files” del menú File > Export. A continuación, en Unity, he importado las imágenes y he creado un game object con los componentes sprite renderer y animator. Para crear cada animación he seleccionado el componente animator y he creado un animation clip. Dentro del clip arrastro los fotogramas de la animación y ajusto los fps (fotogramas por segundo). En este nivel la velocidad de las animaciones varía desde los 10 fps hasta los 60 fps.

En cuanto al diseño de la arquitectura, se mantiene igual que el especificado en el diseño inicial a excepción de las siguientes tres modificaciones:

La inclusión de la librería Force Camera Ratio. Un objeto vacío incluye el *script* proporcionado por esta librería y se configura para fijar la relación de aspecto a 16:9. Si la pantalla del dispositivo es proporcionalmente más ancha, se mostrarán barras negras laterales. Si, por el contrario, es proporcionalmente más estrecha, se mostraran barras negras en la parte superior e inferior. De este modo, se evita que en algunos dispositivos se muestren zonas de la escena no cubiertas por las capas en movimiento debido al efecto *parallax*.

Se ha incorporado el patrón de diseño *object pooling*. Un objeto llamado Object Pooler, con el *script* correspondiente, se encarga de crear e inicializar, cuando se carga la escena, las bolas de luz y fuego que dispara Super Solar y las bolas de oscuridad que emanan de los Nunakis. Al iniciar la escena se crean, y seguidamente se deshabilitan, 3 bolas de luz y fuego, 10 bolas de oscuridad y la bola gigante de oscuridad que dispara el jefe final Nunaki. Cada vez que se dispara una bola, en vez de crear un nuevo objeto en ese momento, simplemente se habilita uno de los ya creados y se coloca en su lugar correspondiente. Crear un nuevo objeto cada vez que se dispara una bola, y destruirlo después, es mucho menos eficiente y consume más recursos.

Se ha modificado la estructura de los archivos JSON que contienen las informaciones de los puntos de control y las preguntas y respuestas correspondientes. Cada nivel tendrá un solo archivo JSON asignado. En él se encuentran tanto las informaciones como las preguntas y las respuestas. El archivo JSON de cada nivel contiene un objeto de tipo InfoPoints que a su vez contiene una lista de objetos InfoPoint. Un objeto InfoPoint está formado por una cadena de caracteres, relativa a una de las informaciones del nivel, y

por una lista de objetos Question. Los objetos Question incluyen una pregunta y un objeto de tipo Answers, formado por tres cadenas de caracteres que corresponden a las tres opciones de respuesta.

## 3.2. Implementación

Este apartado incluye los aspectos más relevantes en el desarrollo del prototipo y los que han supuesto un mayor reto por su complejidad o incidencias generadas.

Una vez introducidos los nuevos gráficos definitivos del nivel 1, el primer paso ha sido dibujar los *colliders* de las plataformas. Se han utilizado los componentes *edge colliders 2D* para la superficie de las plataformas. A Super Solar se le ha colocado un *capsule collider 2D*. Se le ha añadido además otro *capsule collider 2D*, en un *game object* hijo, y colocado en la zona de los pies. Su objetivo es detectar cuándo está en contacto con el suelo y cuándo aterriza de un salto. Esta información permite activar la animación y el sonido de aterrizaje en el momento apropiado. También es necesaria para resetear el número de saltos cuando vuelve a tocar suelo. En Mercurio tiene uno sólo y en Venus cuenta con doble salto, esto sirve para compensar la menor potencia de salto en Venus debido a una mayor gravedad.

Lo siguiente ha sido escribir el *script* que controla las acciones de Super Solar. El primer paso fue capturar el input del jugador. Aunque el juego está siendo desarrollado para Android, también se han programado los controles del juego haciendo uso del teclado del ordenador. Esto resulta conveniente para probar el juego en la fase de desarrollo, pues compilarlo e instalarlo en un dispositivo Android es bastante más lento.

Para el reconocimiento del input del usuario en un ordenador he utilizado la clase *Input* del paquete *UnityEngine*. Para el reconocimiento del input en un dispositivo Android primero utilicé la librería *Cross Platform Input* del paquete *Standard Assets* descargado de la *Asset Store* de Unity. Esta librería no se ha actualizado desde marzo de 2018 y la consola de Unity muestra advertencias de utilización de clases y métodos obsoletos. Por ello decidí dejar de utilizar esta librería e implementar directamente el reconocimiento del input en Android añadiendo, a cada imagen de un elemento controlador, un *script* que implementa la interfaz *IPointerDownHandler* e *IPointerUpHandler* del paquete *UnityEngine.EventSystems*.

Los *scripts* añadidos a los elementos controladores tienen dos funciones callback que son ejecutadas cuando el usuario toca y deja de tocar dicho elemento. Estas funciones modifican las variables públicas *dirx*, *jump* y *fire* del *script* SuperSolar. En la función *FixedUpdate*, el *script* comprueba el estado de estas variables y mueve a Super Solar en la dirección correspondiente.

Al probar los controles en Android comprobé que los movimientos de desplazarse hacia la izquierda y derecha eran muy bruscos. No contaban con aceleración ni desaceleración. Super Solar pasaba de estar parado a estar moviéndose a una alta velocidad instantáneamente y viceversa. El comportamiento no se parecía a cuando se probaba en el ordenador, donde capturaba el input de movimiento horizontal con `Input.GetAxis("Horizontal")`. Al principio no sabía el motivo de esta diferencia pero tras investigar un poco me di cuenta que `Input.GetAxis` no devuelve sólo -1, 0 o 1 dependiendo de la dirección sino que devuelve también valores intermedios crecientes y decrecientes. Como estos valores eran multiplicados por la velocidad de movimiento, la consecuencia era una pequeña aceleración y desaceleración.

Para mejorar la jugabilidad, decidí implementar la aceleración y desaceleración de Super Solar imitando el comportamiento de `Input.GetAxis`. Mediante mensajes de Debug en la consola comprobé que la aceleración de `GetAxis` consistía en incrementar/decrementar desde 0 hasta 1 o -1 (dependiendo del sentido) el valor devuelto añadiendo o sustrayendo en cada llamada a la función *Update* un valor aproximado de 0,02.

Para un mayor control del ajuste de la aceleración y la desaceleración he creado dos propiedades (*xAcceleration* y *xDeceleration*) y así poder asignarle un valor distinto a cada una. También he creado una variable privada (*currentMaxXSpeedPercent*) que guarda el valor de aceleración actual. Cuando el jugador presiona el control de movimiento, *currentMaxXSpeedPercent* empieza a incrementar la cantidad establecida en *xAcceleration* en cada llamada a *FixedUpdate*. Del mismo modo pero a la inversa, cuando el jugador levanta el dedo del control, *currentMaxXSpeedPercent* empieza a decrementar la cantidad establecida en *xDeceleration*. El valor de *currentMaxXSpeedPercent* es multiplicado por la velocidad máxima en cada *FixedUpdate* para determinar la velocidad de movimiento actual.

En cuanto a la configuración de la cámara que va siguiendo a Super Solar, al principio creé un *script* que simplemente actualizaba la posición de la cámara, en cada Update, a la posición de Super Solar. De esta manera, los movimientos de la cámara eran bruscos en los cambios de sentido y Super Solar se mantenía siempre enfocado en el centro. Para conseguir un movimiento de la cámara más suave y natural he modificado el *script* de la cámara utilizando la función SmoothDamp de la clase Vector3. A esta función le paso como parámetros: la posición actual de la cámara, la posición de destino y el tiempo que tardará en llegar a su destino. En este *script* también he modificado la posición de destino. Esta ya no es igual a la posición de Super Solar sino que se le añade cierto *offset* para que Super Solar quede ligeramente a la izquierda. Ello sugiere al jugador que ha de avanzar hacia la derecha y permite una mejor visualización de los próximos obstáculos y enemigos.

### 3.3. Evaluación

El resultado del nivel 1 ha cumplido mis expectativas, ha quedado estéticamente atractivo y la jugabilidad es buena. Este nivel es un poco corto, pero es de manera intencionada dado que Mercurio es el planeta más pequeño del Sistema Solar. La intención original era fijar la longitud de cada nivel a escala del tamaño de su planeta. Sin embargo, cuando comencé a hacer los cálculos me di cuenta de que algunos niveles quedarían excesivamente cortos y otros excesivamente largos. La intención ahora es ajustar la longitud de cada nivel con respecto a los demás teniendo en cuenta el tamaño original de su planeta pero sin ser a escala.

El rendimiento es bueno, en el simulador del ordenador la función Update es ejecutada una media de 105 veces por segundo. Eso quiere decir que el juego se reproduce a unos 105 fps. Para el cálculo de físicas y velocidades, se utiliza la función FixedUpdate que está configurada para ser ejecutada 50 veces por segundo. He comprobado que de hecho se ejecuta a esa velocidad. En mi dispositivo Android, un Xiaomi Mi A3, el juego se reproduce a 60 fps y FixedUpdate se ejecuta 50 veces por segundo tal cual está configurado.

Para obtener *feedback* de los usuarios, he pasado a mis alumnos y compañeros de trabajo, un vídeo de una partida del nivel 1 y un enlace de descarga del archivo apk para

quien pueda instalarlo y probarlo. El *feedback* ha sido mayoritariamente positivo. La sugerencias de mejora recibidas han sido:

- Incluir al inicio del nivel una explicación de la historia de Super Solar para conocer el contexto del juego y su objetivo.
- Que cuando impacten los ataques en el jefe final se muestre algún tipo de animación o efecto.
- Simplificar la interfaz de responder a la pregunta para continuar la partida. A un alumno le parece un poco desordenada y complicada.

Estoy de acuerdo con estas sugerencias y se tendrán en cuenta en el diseño de los siguientes prototipos. Se intentará incluir una introducción al nivel 1 que explique el origen de la historia de Super Solar, su misión y quiénes son los Nunakis. Para crear un efecto de impacto, se reproducirá una animación y un sonido cuando se golpee al jefe final. Para facilitar la lectura de la pregunta, se colocará encima de las posibles respuestas, en lugar de en el lado izquierdo como se encuentra ahora. También se eliminarán los elementos que puedan desviar la atención, excepto la cuenta atrás.

## 4. Prototipo 2

El prototipo 2 consiste en añadir, al prototipo 1, el menú y el nivel 2. Antes de comenzar con el nuevo diseño del menú, he elaborado el siguiente diagrama de casos de uso. Su finalidad es reflejar los requisitos y la navegación que debe contemplar su diseño.

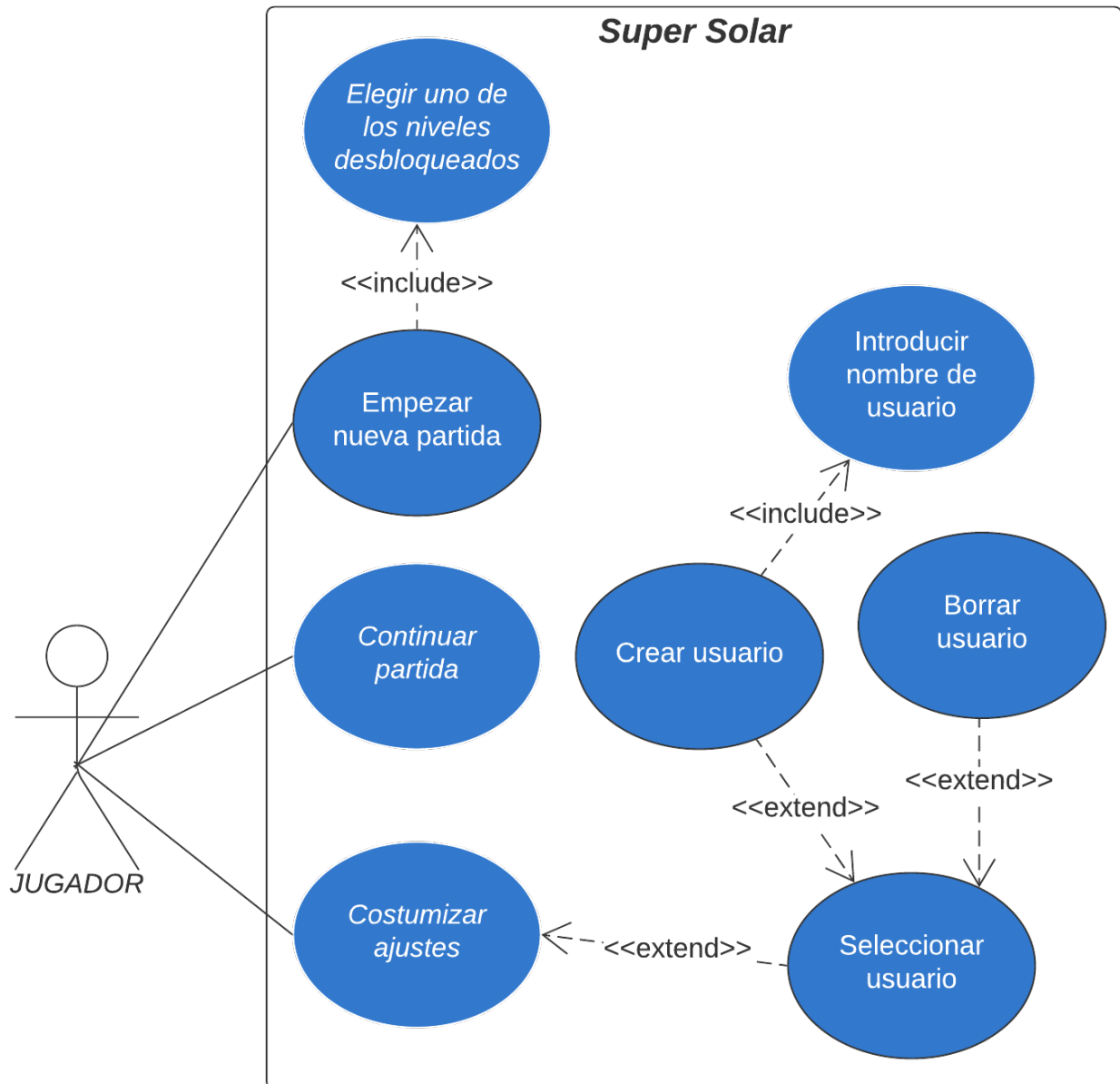


Figura 19. Diagrama UML de casos de uso

## 4.1. Diseño

### 4.1.1. Menú

El menú del prototipo 2 incluye nuevos gráficos con respecto al menú inicial. También se ha modificado la posición de la opción de cambiar de usuario. Esta opción se encontraba antes en la pantalla principal del menú. Ahora se ha trasladado a la pantalla de ajustes. La razón de este cambio es conseguir un menú principal más sencillo y estético. Debido a que es una opción que, en la mayoría de los casos, no será modificada con frecuencia, no supone un problema colocarla a un clic extra en el menú de ajustes.





Figura 20. Pantalla principal del menú

Se han sustituido los planetas del diseño anterior por las máscaras que Super Solar va consiguiendo al final de cada nivel al liberar al planeta de la oscuridad de los Nunakis. Cada nueva máscara recopilada otorga a Super Solar un nuevo poder que le ayuda en su misión de iluminar el Sistema Solar. Este nuevo diseño resulta más atractivo e inspira misterio y, en consecuencia, tiene mayor potencial de captar el interés y despertar la curiosidad de los usuarios.

El primero de los botones es el de continuar. Al pulsarlo continúas la partida en el primer nivel que esté sin completar. Si es la primera vez que se juega te dirige al nivel 1.

El siguiente botón muestra la pantalla de nueva partida. Como podemos comprobar en la siguiente figura, nos permite seleccionar el nivel a jugar. La rueda de los planetas a la izquierda contiene los ocho planetas del Sistema Solar. Los planetas desbloqueados aparecen coloreados y los bloqueados con su silueta en negro. En el centro de la rueda se muestra la máscara correspondiente al planeta seleccionado. A la derecha encontramos un papiro que muestra un dato interesante sobre el planeta seleccionado y, en su parte inferior, el botón de jugar para iniciar la partida.



Figura 21. Pantalla de nueva parta del menú

El último botón de la pantalla principal del menú es el de ajustes. Este te dirige a la pantalla de ajustes que se muestra en la siguiente figura. La primera opción de configuración es un selector para seleccionar el idioma. Se traducirá inicialmente el juego a inglés y catalán. Si alcanza un volumen de descargas significativo, se traducirá a más idiomas. En este prototipo, las traducciones todavía no están disponibles.

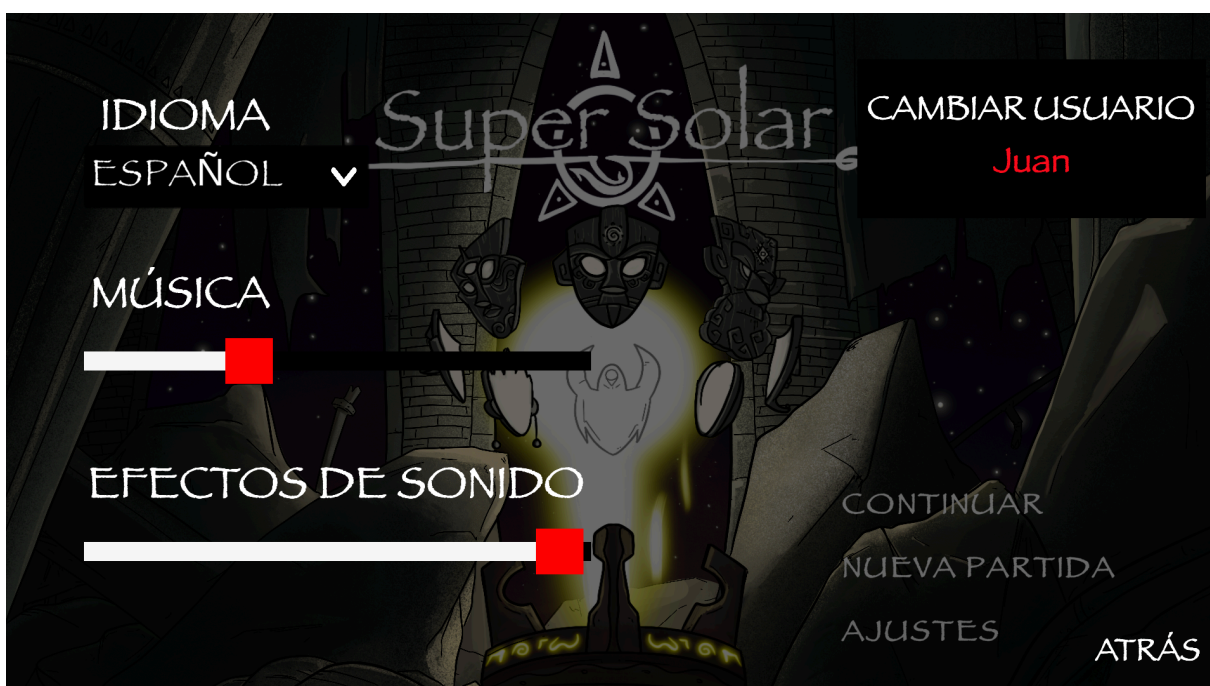


Figura 22. Pantalla de ajustes del menú

Las siguientes opciones son dos controles deslizantes que ajustan el volumen de la música y el volumen los efectos sonoros. Por último, encontramos un botón que nos lleva a la pantalla de selección de usuario. Tal como muestra en la figura 26, se pueden crear hasta 6 usuarios. Podemos crear un usuario nuevo simplemente tocando uno de los usuarios sin asignar. Para seleccionar un usuario basta con tocarlo. El usuario seleccionado aparece destacado dentro de un rectángulo de bordes rojos. Si volvemos a tocar un usuario seleccionado aparece un cuadro de diálogo que nos permite editar el nombre del usuario. El botón borrar elimina el usuario que se se encuentre seleccionado. Aparecerá un cuadro de diálogo pidiendo confirmación para eliminarlo y así evitar que se haga por error.



Figura 23. Pantalla de selección de usuario

#### 4.1.2. Nivel 2: Venus

El proceso de diseño del segundo nivel ha sido similar al seguido para Mercurio. El primer paso fue comunicar al ilustrador las características de Venus que se pueden plasmar en su diseño:

- La longitud del nivel ha de ser de 23.040 px, esto equivale a 12 pantallas de 1920. De este modo es más largo que Marte (21.120 px) y más pequeño que la Tierra (24.960 px).

- Utilizar colores cálidos porque es el planeta más caliente del Sistema Solar. Su temperatura media es de 464 °C.
- Muchas estructuras volcánicas.
- Una atmósfera densa con gruesas nubes de ácido sulfúrico que cubren por completo el planeta.
- Su superficie es oscura porque sus nubes reflejan hacia el espacio la mayor parte de los rayos solares.

Las plataformas de Venus son más dinámicas que las de Mercurio. Incluye dos tipos de plataformas en movimiento. Las primeras se desplazan en vertical empujadas por chorros de lava. Las segundas se balancean como un columpio. La siguiente figura muestra las plataformas del nivel 2.

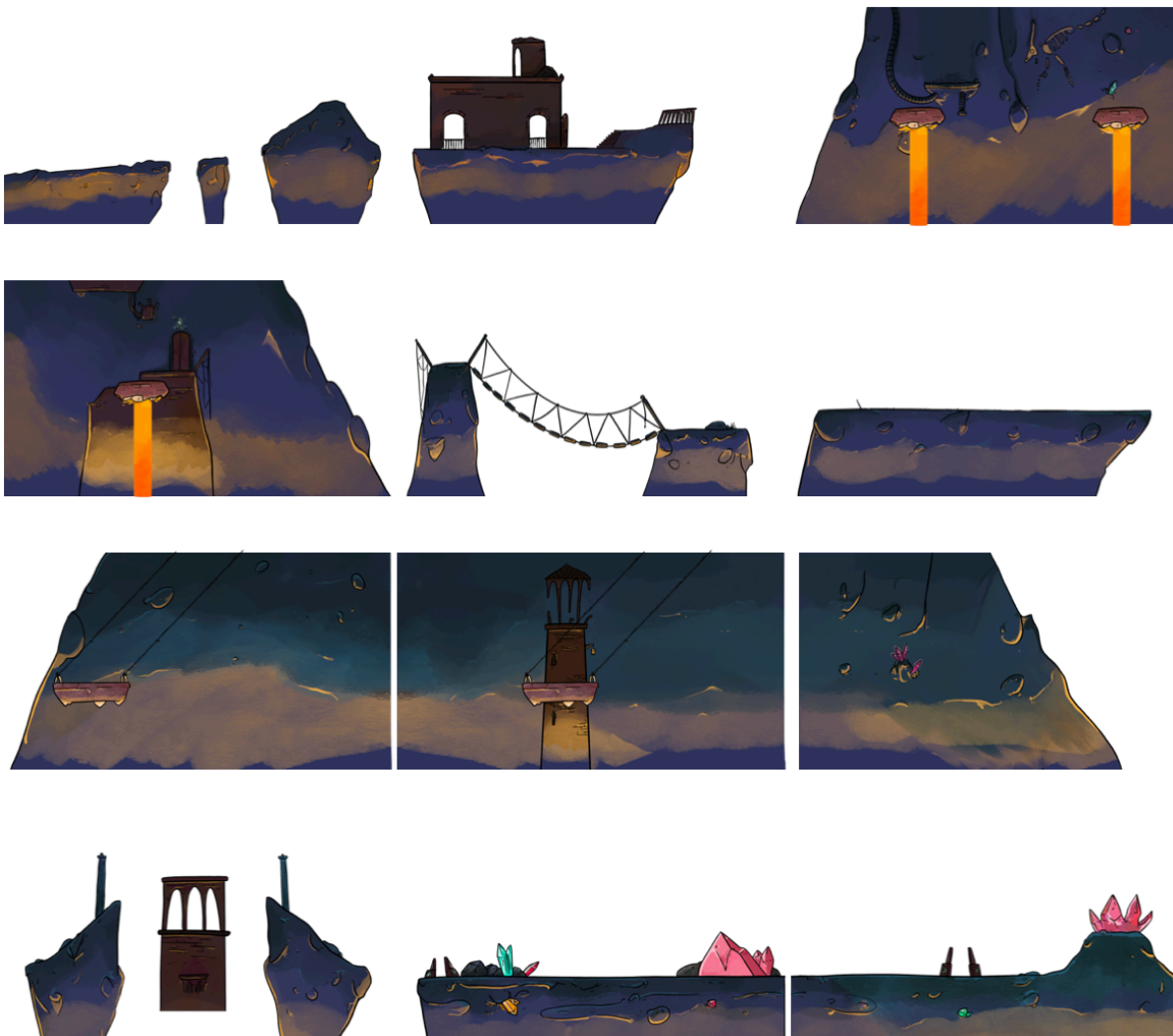


Figura 24. Plataformas de Venus

Estas plataformas constituyen una de las capas de Venus. Las otras capas son: la capa frontal de lava, es una capa animada; la capa de fondo de montañas y, la última capa, que incluye las nubes y el cielo. A cada capa se le aplica un porcentaje de efecto *parallax* distinto.



Figura 25. Capa frontal de lava de Venus

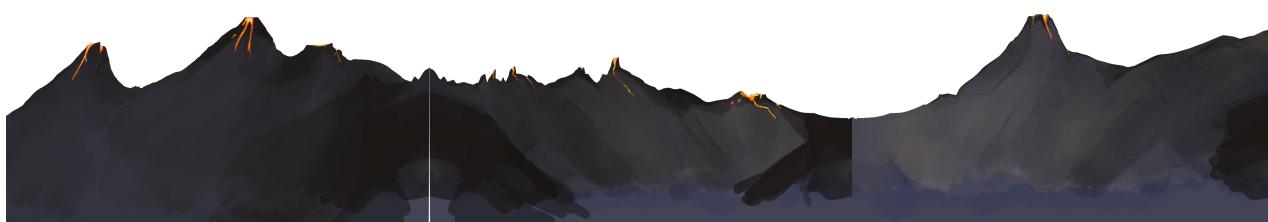


Figura 26. Capa de montañas de Venus

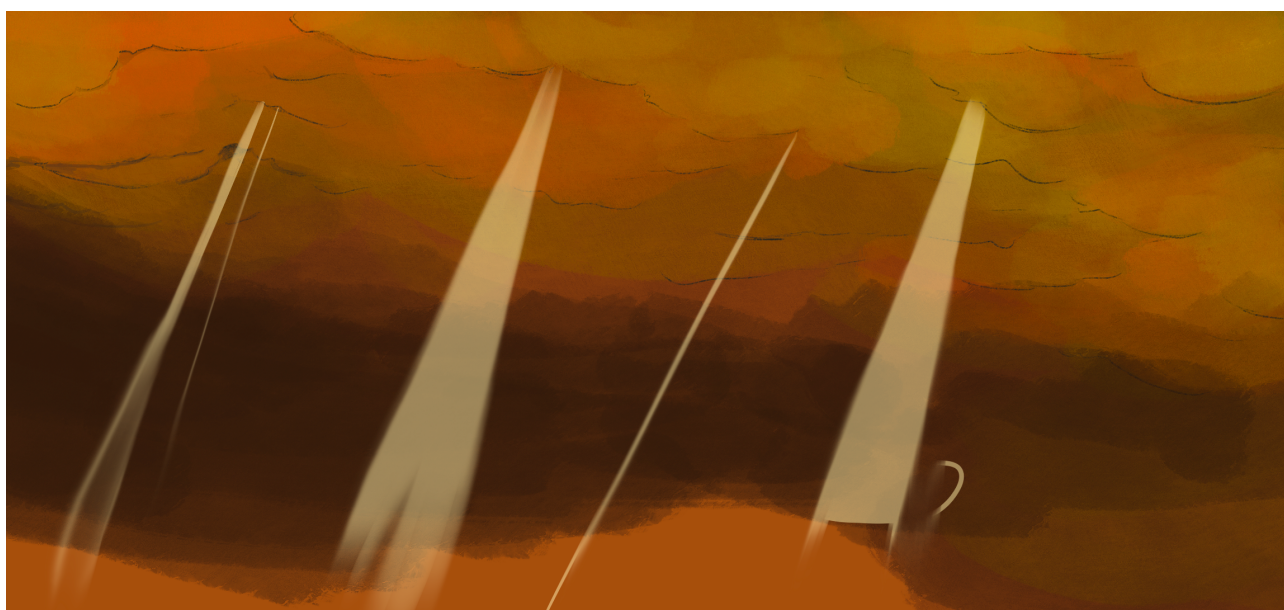


Figura 27. Capa del cielo de Venus

La capa frontal de lava tiene un porcentaje negativo de efecto *parallax*. Ello hace que la lava se desplace en sentido contrario a la dirección de la cámara. Esto genera el efecto de estar en primer plano y de moverse más rápido que la capa de plataformas. La capa de plataformas es la única que no tiene efecto *parallax* aplicado. Esta capa va quedando atrás conforme avanza la cámara y no se mueve. El efecto *parallax* aplicado a la capa de las montañas provoca que avance un cierto porcentaje de lo que avanza la cámara. Esto

genera el efecto de que se van quedando atrás lentamente. La capa del cielo tiene el mayor porcentaje de efecto *parallax* y, por tanto, se mueve casi a la misma velocidad que la cámara, lo que da la impresión de permanecer estático.

Se han diseñado nuevos enemigos para Venus. Al tener menor superficie para andar debido a que está formado en buena parte por plataformas móviles, hemos incluido enemigos voladores. Se trata de otro tipo de Nunakis adaptados a su entorno. Tienen apariencia de insecto volador que lanza partículas de oscuridad por un agujón. La siguiente figura contiene los fotogramas que componen su animación de vuelo y disparo.



**Figura 28. Fotogramas de la animación de los Nunakis de Venus**

El jefe final también es un Nunaki volador. Al igual que el jefe del primer nivel cuenta con 20 vidas. Es el número de veces que hay que golpearlo con las bolas de fuego para

derrotarlo. La dificultad es aun mayor pues sus ataques son más rápidos y van siempre dirigidos hacia la posición donde se encuentra Super Solar en el momento de ser lanzados.

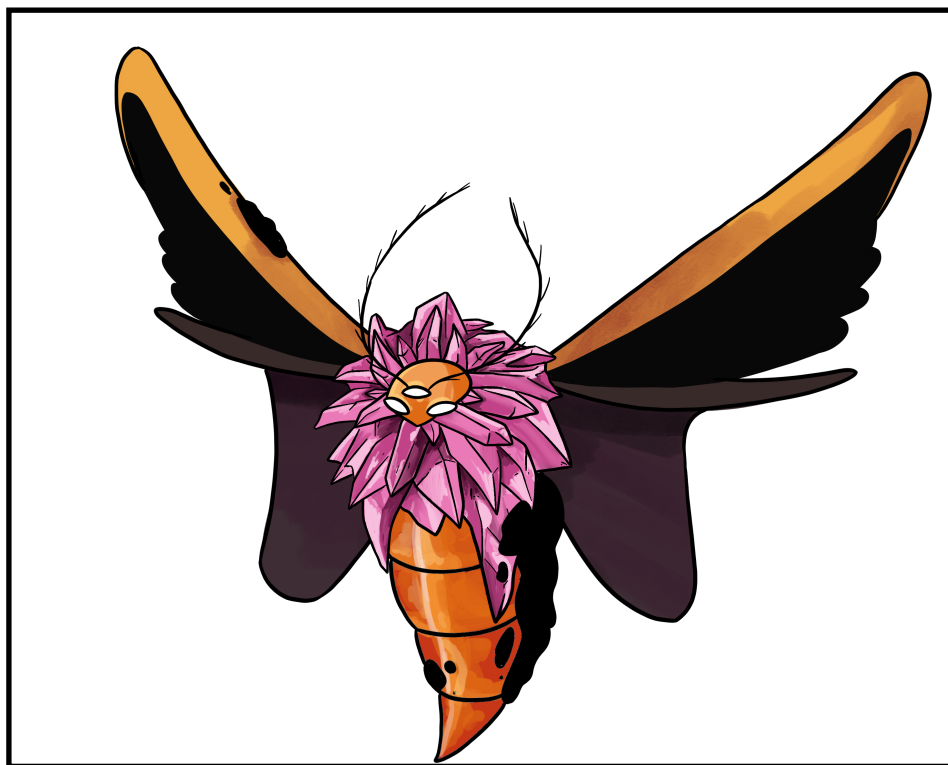


Figura 29. Jefe final de Venus

La arquitectura de clases es la misma que en el nivel 1 del prototipo anterior. Los objetos del nivel con los que se puede interactuar tienen un *script* propio que define su comportamiento. Por ejemplo: los enemigos, los puntos de control y las monedas. Además existen en la escena game objects vacíos que incluyen los *scripts* responsables de la lógica del juego, de cargar la información de los puntos de control y de las preguntas, de salvar los datos de la partida, del *object pooling* y de la gestión de la música y los efectos de sonido.

En este nivel se reutilizan la mayoría de los *scripts* del nivel 1. Algunos *scripts* requieren ajustar sus propiedades como ocurre en el caso de la cámara, donde sólo se ha modificado la posición inicial y final en el eje X entre las cuales puede desplazarse. A Super Solar sólo se le ha modificado la propiedad número de saltos para proporcionar doble salto.

## 4.2. Implementación

### 4.2.1. Menu

Al principio implementé el menú en diferentes escenas: una para el menú inicial, otra para los ajustes y otra para la gestión de los usuarios. Después cambié de idea y decidí implementar las tres pantallas en tres canvases distintos dentro de la misma escena. De este modo, tengo más control sobre la transición entre el menú inicial y los submenús, pudiendo, por ejemplo, evitar que se reinicie la música al cargar una nueva escena.

El menú cuenta con dos *scripts* principales: uno con la clase MenuLogic que controla el comportamiento de los botones en el menú inicial y en el submenú de nueva partida, y UsersLogic, que controla las acciones del submenú de selección de usuario.

Al inicializarse, MenuLogic carga los ajustes de configuración propios del último usuario seleccionado la última vez que se ejecutó la aplicación. Estos datos se cargan desde el archivo de persistencia MyGame.dat. El *script* DataSaver se encarga de cargar los datos en este archivo cuando se inicia la aplicación y de guardarlos cada vez que se destruye una escena. DataSaver usa un objeto de la clase Users para cargar y guardar datos. La clase Users contiene una propiedad que apunta al usuario actualmente seleccionado y una lista de objetos de tipo UserData. Cada objeto UserData corresponde a uno de los usuarios creados y contiene todos sus datos de juego y de ajustes.

MenuLogic contiene las funciones que son llamadas al presionar “continuar”, “nueva partida” o “ajustes”. Si se presiona la opción de nueva partida, muestra el canvas correspondiente y activa la rueda de los planetas. Antes de activarla consulta los datos guardados de las partidas anteriores para mostrar desbloqueados los planetas pertinentes. También se encarga de mostrar en el centro de la rueda la máscara del nivel que se encuentre seleccionado. Al activar el canvas, la animación del papiro se reproduce automáticamente. Cuando termina, la animación llama a una función en Menu Logic que muestra sobre el papiro un texto acerca del planeta seleccionado y activa el botón de jugar.

Cuando MenuLogic activa el canvas de selección de usuarios, lo primero que hace UsersLogic es cargar, desde el objeto users en DataSaver, los nombres de los usuarios en los campos de texto. A partir de ese momento, UsersLogic se encarga de gestionar la



interacción del usuario al seleccionar, editar o borrar un usuario. Al editar o borrar un usuario, muestra los cuadros de diálogo correspondientes y actualiza los datos de los objetos serializables de tipo Users y UserData.

#### 4.2.2. Nivel 2

Como he comentado anteriormente al describir la arquitectura de clases del nivel 2, la mayoría de los *scripts* utilizados en Venus son los mismos que en Mercurio con excepción de los siguientes:

- HouseDoor: Abre la puerta de abajo de la casa, que es sólo de salida.
- MagmaPlatform: Convierte a Super Solar en un objeto hijo cuando está sobre la plataforma. De esta forma logramos que Super Solar se mueva con la plataforma y evitamos que vibre por estar sobre una superficie en movimiento.
- RotateSwing: Genera el movimiento de balanceo de la cuerda izquierda del columpio.
- Swing: Calcula la posición de la base del columpio y la rotación de la otra cuerda tomando como referencia la posición y rotación de la cuerda izquierda. Se ha implementado la rotación de este modo para lograr que la base del columpio se mantenga horizontal durante todo el recorrido del balanceo. Si aplicamos el *script* RotateSwing al conjunto del columpio, la base del columpio también rota junto con las cuerdas.
- VenusEnemy: Es una clase hija de Enemy, los enemigos del primer nivel. Sobreescibe el método Shoot para ajustar la posición de salida del disparo a los nuevos sprites de los enemigos de Venus. También sobreescibe los métodos FixedUpdate y OnTriggerEnter2D para introducir pequeños ajustes.
- VenusDarkBall: Define la dirección, velocidad y colisiones de las partículas de oscuridad que lanzan los enemigos. Hereda de la clase DarkBall. Sobreescibe el método OnEnable para modificar la dirección y velocidad de las partículas.

- VenusBoss: Gestiona los disparos y colisiones del jefe final de Venus. La función Shoot es una corrutina encargada de disparar un cristal cada cierto tiempo. Antes de dispararlo detecta la posición de Super Solar y lo dispara en esa dirección.
- Crystal: Se encarga de retornar el cristal a su posición inicial cuando detecta una colisión.

### 4.3. Evaluación

Para analizar el rendimiento del nivel de Venus, se ha copiado en su escena en Unity el game object FramesPerSecond que creamos en el nivel 1. Este objeto incluye un *script*, llamado igual, que calcula y muestra por mensajes de log los fotogramas por segundo a los que se reproduce el videojuego. El rendimiento es igual que en el nivel 1. El juego se ejecuta a una media de 105 fps en el simulador de Unity en mi ordenador, un MacBook Pro de 2014, y a una media de 60 fps en mi dispositivo Android, un Xiaomi Mi A3.

He compartido con mis alumnos y compañeros de trabajo un enlace con el archivo apk y una captura de vídeo de una partida y de uso del menú. Les he pedido que se lo instalen a ser posible o, de no ser así, que vieran detenidamente el vídeo. Al día siguiente he entrevistado a tres alumnos que se lo han instalado y a 4 compañeros. El *feedback* obtenido ha sido en su mayoría positivo. Los problemas y sugerencias de mejora comunicados han sido:

- Cambiar los tiradores de los controles deslizantes de volumen en el menú de ajustes. Se cambiarán en el siguiente prototipo. De momento el componente imagen del game object Handle no tiene ninguna imagen asociada. Sólo se le ha asignado un tamaño y el color rojo.
- Incluir la opción de añadir un email a los usuarios para así poder recuperar el progreso de la partida en otro dispositivo. Se intentará implementar siempre y cuando se pueda continuar jugando sin requerir un email o conexión a internet.
- Utilizar otro tipo de fuente que facilite la lectura y animar la aparición de los cuadros de texto. A pesar de ser Papiro una de las fuentes más odiadas, de momento es la que más armoniza con la estética del juego de entre las que hemos considerado. Para los títulos creo que se podría conservar pero para los textos de información es

cierto que quedaría mejor un tipo de fuente más sencilla y clara. Además, la fuente Papiro utilizada no soporta las tildes, pues el tipo de fuente cambia en las vocales acentuadas. Queda pendiente la tarea de buscar una fuente más apropiada y legible.

- En los puntos de control, cuando se está mostrando el texto animado y el tamaño de la fuente disminuye para ajustarse al cuadro de texto, se pierde el hilo de lo que se está leyendo. Ahora mismo, el tamaño de la fuente está en automático. En consecuencia, cuando el texto llega al final del cuadro de texto, el tamaño de la fuente disminuye automáticamente en ese momento. Este comportamiento no es el ideal y será corregido. Una opción es calcular el tamaño de la fuente antes de empezar a escribir el texto. Ello se podría hacer acorde al resultado de dividir el espacio disponible por el número de caracteres. Otra posible opción es establecer un tamaño preferido de fuente y de caja de texto y comprobar, antes de comenzar a escribir el texto, si hay espacio suficiente. Si no lo hay, se aumentaría el tamaño de la caja de texto hasta un máximo especificado. Si se supera ese máximo, disminuiríamos el tamaño del texto.
- Incluir una foto del planeta seleccionado en el submenú de nueva partida. Es una buena idea, si el resultado estético es satisfactorio se incluirá esta modificación.
- Las nubes deberían moverse. Este efecto puede quedar muy bien. Para ello habría que hacer más grande el ancho de la imagen de las nubes y modificar la cantidad de efecto *parallax* aplicado a la capa. Para que quede aún mejor, sería acertado también animar las nubes.
- Debería ocurrir algo cuando Super Solar pasa por delante de los Nunakis convertidos en solecitos. Una posibilidad sería incluir una barra que indique el nivel de energía de Super Solar. Su nivel de energía bajaría conforme pasa el tiempo. A menor nivel de energía menor sería su velocidad de desplazamiento, potencia de salto y el alcance de sus ataques. Al pasar por un solecito recuperaría parte de la energía perdida. Pondré a prueba esta idea y, si mejora la experiencia de juego, se introducirá en el siguiente prototipo.
- Es difícil de jugar porque Super Solar se mueve muy rápido y es complicado aterrizar en las plataformas. Para facilitar el control se disminuirá un poco la velocidad y la aceleración para que tarde más en alcanzar la velocidad máxima. No se disminuirá

demasiado porque queremos que Super Solar se mueva de manera ágil y rápida. También se incrementará la desaceleración para que tenga menos inercia y se detenga antes.

## 5. Manual de funcionamiento e instrucciones del juego

### 5.1. Manual de usuario

El objetivo del jugador es ayudar a Super Solar a liberar los planetas de los Nunakis y aprender las características de cada planeta. Para ello se ha de lanzar bolas de fuego contra los Nunakis con el propósito de convertirlos en seres luminosos. La barra de la esquina superior derecha indica el nivel de oscuridad del planeta. Cada vez que un Nunaki es alcanzado por una bola de fuego, el nivel de oscuridad disminuye.

En la parte inferior de la pantalla se encuentran los controles del juego. Están compuestos por cuatro botones. Los dos de la izquierda son para controlar el sentido del desplazamiento. De los botones del lado derecho, el primero es el ataque, cuando es pulsado Super Solar lanza una bola de fuego. El último botón de la derecha es el botón de salto.

Cada planeta tiene varios puntos de control con el aspecto de la siguiente imagen. Cuando Super Solar pasa por encima de ellos, Muna nos proporciona nuevos datos sobre el planeta en el que nos encontramos.



Figura 30. Punto de control

Después de haber pasado por un punto de control, si Super Solar es alcanzado por un enemigo o cae al vacío, en lugar de *Game Over*, se mostrará una pregunta sobre la información mostrada a priori. Si la respuesta es correcta, la partida continuará desde el último punto de información. En caso contrario, será necesario retomar el nivel desde el inicio. Cada información mostrada tiene una media de cuatro preguntas relacionadas. Cuando no quedan más preguntas que responder sobre las informaciones

proporcionadas, se muestra directamente el panel de *Game Over*. En este caso perdemos la posibilidad de continuar la partida desde el último punto de control.

## 5.2. Manual de instalación

Super Solar se encuentra publicado en Play Store en versión alpha y con un testing cerrado. Para instalar Super Solar desde Play Store es necesario escribir un email a [jfcampos83@gmail.com](mailto:jfcampos83@gmail.com) solicitando permiso. Una vez añadido su email al grupo de *testers*, podrá acceder a la ficha de Super Solar e instalarlo mediante el siguiente enlace: [https://play.google.com/apps/testing/com.Niguiricat.Super\\_Solar](https://play.google.com/apps/testing/com.Niguiricat.Super_Solar)

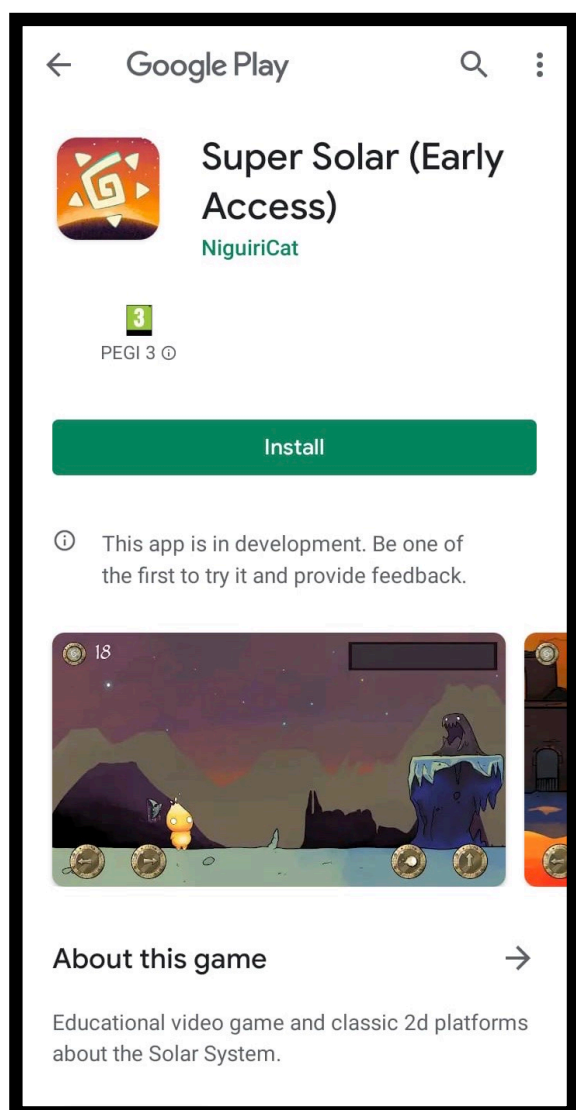


Figura 31. Ficha de la versión alpha de Super Solar en Play Store

También es posible instalar la aplicación desde el archivo apk adjunto a este trabajo. Para ello es necesario transferir el archivo al dispositivo y simplemente pulsar sobre él para comenzar la instalación. Es probable que se muestren varios avisos de seguridad por estar instalando la aplicación fuera de Play Store.

## 6. Futuro de Super Solar

El resultado obtenido cumple con los objetivos del proyecto de desarrollar un juego atractivo, divertido de jugar y educativo. Sin embargo, no ha sido posible desarrollar los ocho niveles como se tenía previsto en la planificación inicial. Esto ha ocurrido debido a varios motivos. Por un lado, subestimé el tiempo de dedicación necesario para poder desarrollarlo. Por otro, la coordinación con el ilustrador ha requerido de una adaptación de la planificación a su ritmo de trabajo. Y, por último, la idea inicial era hacer un juego más minimalista y, al final, se han añadido más detalles y animaciones de lo previsto para incrementar el atractivo del juego y la motivación de los usuarios.

Continuaremos trabajando para terminar los 6 niveles restantes e incorporar las modificaciones sugeridas en la evaluación de los prototipos desarrollados. Antes de la publicación de la versión final, la versión con todos los niveles se publicará como versión beta en Play Store y se someterá a un periodo de prueba.

Durante este periodo se comenzará a trabajar en la promoción de la app. El primer paso será la creación de una página web para Super Solar. En ella se publicará la fecha de lanzamiento, capturas del juego, el enlace para instalar la versión beta y un contacto para reportar bugs o sugerencias. También incluirá un vídeo promocional tipo tráiler. El siguiente paso será dar a conocer la aplicación mediante anuncios de Google Ads y a través de las redes sociales: Twitter, Facebook, Instagram y YouTube. Se intentará contactar con perfiles enfocados en videojuegos o herramientas educativas para intentar conseguir reseñas o entrevistas.

El siguiente diagrama de Gantt incluye una ampliación de la planificación hasta la publicación de la versión de disponibilidad general en la fecha de lanzamiento prevista. El prototipo 3 contará con los 4 primeros niveles, correspondientes a los planetas interiores. El prototipo 4 incorporará los planetas exteriores completando así los 8 niveles.



# Super Solar: Videojuego Educativo de Plataformas 2D

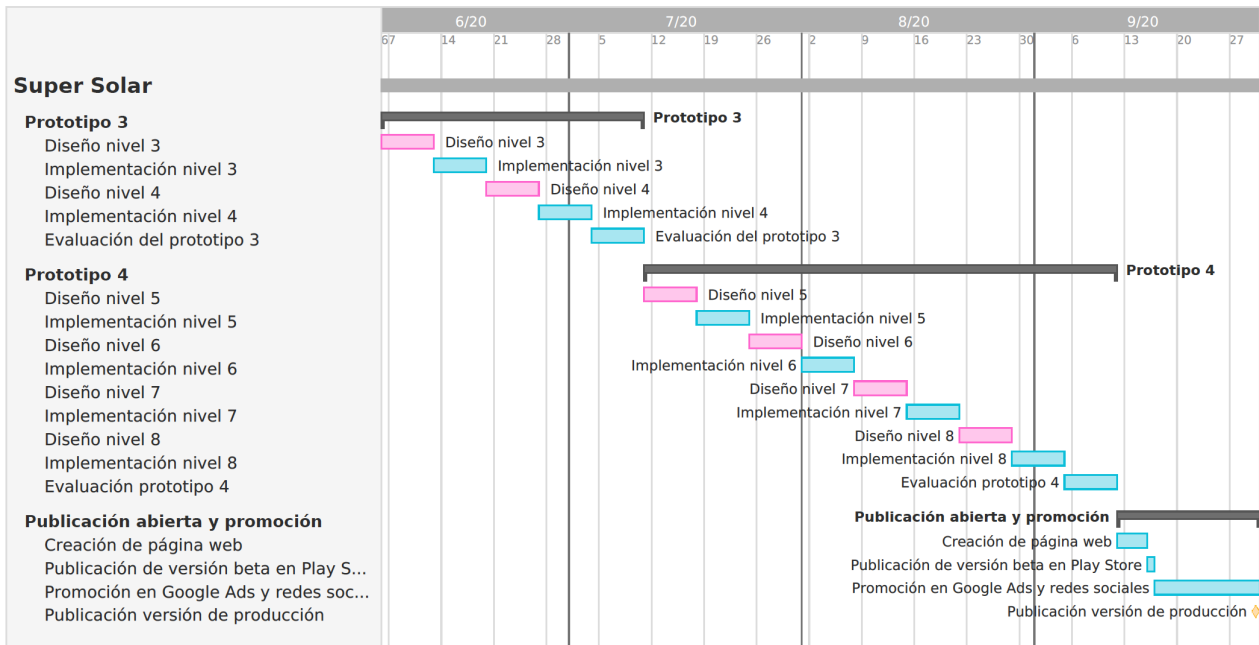


Figura 32. Planificación de próximas tareas con gráfica de Gantt

## 7. Conclusiones

La idea del videojuego ha ido evolucionando durante su desarrollo. Al comienzo la idea era que las preguntas, sobre las informaciones que se proporcionan a lo largo del nivel, se mostrasen al llegar al jefe final. Para derrotarlo sería necesario contestarlas correctamente. Si se fallaban habría que reanudar el nivel para poder volver a tener acceso a la información. No me gustaba este comportamiento porque puede darse el caso de penalizar a un jugador hábil por no contestar correctamente. Surgió entonces la idea de sólo realizar las preguntas cuando se pierde la partida para poder continuar. Este comportamiento es similar al de los juegos *arcade*, en los que se pide una moneda para poder continuar, pero solicitando información en este caso. De este modo, incluso alumnos con dificultades de lectura pueden avanzar en el juego y mantenerse motivados. Comprender y memorizar las datos no es un requisito imprescindible sino un plus que te permite avanzar más rápido. Esta dinámica simulando el “*Game Over: Insert Coin*” de los *arcade* clásicos puede integrarse en videojuegos sobre todo tipo de temáticas y trabajar así una gran variedad de contenidos.

Super Solar está quedando más atractivo de lo que en principio tenía en mente. Los gráficos pueden resultar bastante atractivos no sólo a alumnos de primaria sino también al público en general de jugadores aficionados a los juegos de plataformas 2D. Llorenç Villanueva Gutiérrez es el autor de las ilustraciones. Están hechas a mano con una tableta usando coloreado digital estilo acuarela y las animaciones son de estilo clásico dibujadas fotograma a fotograma.

En cuanto a la jugabilidad, la intención es conseguir un juego rápido, que responda de inmediato a la interacción del usuario, y que requiera de habilidad y agilidad para superar los obstáculos. Algunos de los *testers* de la versión alpha han reportado que es muy difícil. Al haber jugado tantas veces durante la implementación para comprobar su correcto funcionamiento, no soy objetivo a la hora de establecer un nivel de dificultad que sea desafiante pero sin llegar a ser desalentador. Lo ideal sería perder, y que se mostrase una pregunta, unas 5 o 10 veces antes de conseguir completar el nivel. Queda pendiente la realización de varios tests con usuarios, cuando finalice el estado de alarma, para poder observarlos jugar y así poder fijar un nivel de dificultad apropiado. La dificultad se ajustará modificando:

- la posición de los obstáculos y enemigos,
- la velocidad de desplazamiento y disparo de los enemigos,
- la aceleración, desaceleración y velocidad final de Super Solar.

Mis conocimientos previos de Unity, anteriores a este trabajo, eran resultado del aprendizaje en la asignatura: Introducción a videojuegos en dispositivos móviles. Con el desarrollo de este trabajo, he consolidado los conocimientos adquiridos y he profundizado en la gestión de las colisiones, el control de las animaciones y sus transiciones, la creación de objetos serializables y su persistencia en la memoria del dispositivo, la carga de datos desde archivos en formato JSON...

Tanto es lo aprendido que sería complicado y demasiado largo enumerarlo todo. Algunos contenidos los he aprendido con rapidez como las opciones de importación de los gráficos y las opciones de compilación del proyecto. Pero también ha habido otros que me han tenido bloqueado durante varios días hasta conseguir hacerlos funcionar como, por ejemplo, las transiciones entre las animaciones de Super Solar cuando eran interrumpidas por otras y el almacenamiento de los datos de configuración y de progreso en la memoria del dispositivo.

El esfuerzo y la dedicación han resultado en un gran aprendizaje. Mi objetivo al iniciar este máster era adquirir conocimientos de programación con el fin de crear aplicaciones educativas y estoy muy satisfecho con el grado de consecución de este objetivo. Ahora cuento con los conocimientos necesarios y la confianza para continuar por el nuevo sendero apasionante de aprendizaje y desarrollo de herramientas atractivas y educativas.

## 8. Referencias bibliográficas

- AEVI (2018) “La industria del videojuego en España”. Anuario 2018. Recuperado de [http://www.aevi.org.es/web/wp-content/uploads/2019/05/AEVI\\_Anuario\\_2018.pdf](http://www.aevi.org.es/web/wp-content/uploads/2019/05/AEVI_Anuario_2018.pdf)
- Avila-Pesantez, D., Delgadillo, R., y Rivera, L. A. (2019). Proposal of a Conceptual Model for Serious Games Design: A Case Study in Children With Learning Disabilities. *IEEE Access*, 7, 161017-161033.
- Erosa, D. (2019). Qué es Unity. Recuperado de: <https://openwebinars.net/blog/que-es-unity/>
- Flamarich Zamparo, J. (Sin fecha). Diseño y prototipado. Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Barcelona.
- Gabàs Masip, J. (2018). El Sistema Solar. National Geographic.
- Juul, J., y Norton, M. (2009). Easy to use and incredibly difficult: on the mythical border between interface and gameplay. International Conference On The Foundations Of Digital Games (pág. 6). Singapore: MIT GAMBIT Game Lab.
- McGonigal, J. (2015). *SuperBetter: The power of living gamefully*. London: Penguin Books.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1–6. Recuperado de <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>
- Ramírez, R., y Boltà, H. (Sin fecha). Métodos para el desarrollo de aplicaciones móviles. Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Barcelona.
- Sánchez, J., y Aranda, D. (2020). Ludoliteracy: el juego digital y la educación en medios. En Aranda, D., Sánchez, J., Martínez, S., Navarro, V., Lalueza, F., Creus, A., Estanyol, E., Montaña, M., Sanz, S., Meneses, J., Planells, A. J., Clares, y J. (2020), *Ludoliteracy. Videojuegos, competencia digital y aprendizajes* (pp. 6-14). Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Barcelona.

## 9. Anexos

### 9.1. InfoPointsMercury.json

A continuación se muestra el contenido del archivo que contiene la lista de objetos de tipo InfoPoint, en formato JSON, de Mercurio. Cada objeto InfoPoint contiene una de las informaciones mostradas y sus preguntas y respuestas relacionadas.

```
{
  "infoPointList": [
    {
      "info": "Es el planeta más pequeño del Sistema Solar y el más cercano al Sol. Un día tiene la duración de 57,8 días terrestres y sus años son de 88 días.",
      "questionsList": [
        {
          "question": "¿Qué duración tienen los años de Mercurio?",
          "answers": {
            "correct": "88 días terrestres",
            "option1": "365 días terrestres",
            "option2": "200 días terrestres"
          }
        },
        {
          "question": "¿Cuál es el planeta más pequeño del Sistema Solar?",
          "answers": {
            "correct": "Mercurio",
            "option1": "Marte",
            "option2": "Júpiter"
          }
        },
        {
          "question": "¿Cuál es el planeta más cercano al Sol?",
          "answers": {
            "correct": "Mercurio",
            "option1": "Venus",
            "option2": "Saturno"
          }
        },
        {
          "question": "¿Cuál es la duración de un día de Mercurio?",
          "answers": {
            "correct": "57,8 días terrestres",
            "option1": "34.3 días terrestres",
            "option2": "20 días terrestres"
          }
        }
      ]
    },
    {
      "info": "La excentricidad de su órbita junto con sus noches tan largas y una atmósfera tan tenue, hace que las temperaturas oscilen mucho, desde un calor infernal de 430 grados a un frío extremo de -190 grados.",
      "questionsList": [

```

## Super Solar: Videojuego Educativo de Plataformas 2D

```
{
  "question": "La temperatura en Mercurio oscila entre: ",
  "answers": {
    "correct": "-190 y 430 grados celsius",
    "option1": "0 y 150 grados celsius",
    "option2": "30 y 200 grados celsius"
  }
},
{
  "question": "Una de las razones por las que oscila tanto las temperaturas en Mercurio es: ",
  "answers": {
    "correct": "Porque tiene una atmósfera muy tenue",
    "option1": "Porque tiene una atmósfera densa",
    "option2": "Porque no hay océanos"
  }
},
{
  "question": "Una de las razones por las que oscila tanto las temperaturas en Mercurio es: ",
  "answers": {
    "correct": "Por la excentricidad de su órbita",
    "option1": "Porque sus días son cortos",
    "option2": "Porque está cerca del Sol"
  }
},
{
  "question": "Una de las razones por las que oscila tanto las temperaturas en Mercurio es: ",
  "answers": {
    "correct": "Porque sus noches son muy largas",
    "option1": "Porque tiene muchos cráteres",
    "option2": "Porque no tiene satélites"
  }
}
],
{
  "info": "Apenas tiene atmósfera que frene a los meteoritos o erosione los cráteres. Por eso hay muchos cráteres en su superficie. Los más pequeños son de pocos metros y los más grandes de miles de kilómetros.",
  "questionsList": [
    {
      "question": "¿Por qué chocan tantos meteoritos contra la superficie de Mercurio?",
      "answers": {
        "correct": "Porque apenas tiene atmósfera",
        "option1": "Porque sus días son cortos",
        "option2": "Porque está cerca del Sol"
      }
    },
    {
      "question": "¿Cuánto miden los cráteres más grandes de Mercurio?",
      "answers": {
        "correct": "Más de miles de kilómetros",
        "option1": "Alrededor de 100 kilómetros",
        "option2": "Unos 5000 metros"
      }
    },
    {
      "question": "¿Qué contribuye a frenar a los meteoritos y a erosionar los cráteres?",
```

## Super Solar: Videojuego Educativo de Plataformas 2D

```
"answers": {
  "correct": "La atmósfera",
  "option1": "Las nubes",
  "option2": "Las auroras boreales"
}
},
{
  "question": "Respecto a número de cráteres, Mercurio tiene: ",
  "answers": {
    "correct": "muchos",
    "option1": "pocos",
    "option2": "los mismos que la Tierra"
  }
}
]
},
{
  "info": "Pese a ser el planeta más cercano al Sol, tiene cráteres en los que nunca da el sol y hay hielo.",
  "questionsList": [
    {
      "question": "A pesar de ser el planeta más cercano al Sol, Mercurio tiene: ",
      "answers": {
        "correct": "cráteres con hielo en los que nunca da el Sol",
        "option1": "lagos congelados",
        "option2": "corrientes de aire frío"
      }
    }
  ]
},
{
  "info": "Se han detectado multitud de grietas de miles de kilómetros de longitud. Estas grietas cruzan llanuras y cráteres. Es probable que se hayan formado por el enfriamiento del planeta.",
  "questionsList": [
    {
      "question": "Mercurio tiene muchas grietas de: ",
      "answers": {
        "correct": "miles de kilómetros de longitud",
        "option1": "cientos de kilómetros de longitud",
        "option2": "miles de metros de longitud"
      }
    }
  ]
},
{
  "question": "Es probable que las grietas de Mercurio se hayan formado por: ",
  "answers": {
    "correct": "el enfriamiento del planeta",
    "option1": "el calentamiento del planeta",
    "option2": "el impacto de meteoritos"
  }
}
]
}
]
```

## 9.2. InfoPointsVenus.json

Contenido del archivo que contiene la lista de objetos de tipo InfoPoint, en formato JSON, de Venus.

```
{
  "infoPointList": [
    {
      "info": "Venus es el segundo planeta más cercano al Sol. Dependiendo de dónde se encuentre en su órbita, está a una distancia de entre 107,4 y 109 millones de kilómetros del Sol.",
      "questionsList": [
        {
          "question": "Venus es: ",
          "answers": {
            "correct": "El segundo planeta más cercano al Sol",
            "option1": "El planeta más cercano al Sol",
            "option2": "El planeta más grande"
          }
        },
        {
          "question": "Entre el Sol y Venus hay una distancia de: ",
          "answers": {
            "correct": "Entre 107,4 y 109 millones de kilómetros",
            "option1": "Mil millones de kilómetros",
            "option2": "Entre 5 y 7 miles de kilómetros"
          }
        }
      ]
    },
    {
      "info": "Venus es el planeta que más se acerca a la Tierra y el tercer astro más visible desde la Tierra después del Sol y la Luna.",
      "questionsList": [
        {
          "question": "Venus es el planeta que más se acerca a: ",
          "answers": {
            "correct": "La Tierra",
            "option1": "Marte",
            "option2": "La Luna"
          }
        },
        {
          "question": "Los astros más visibles desde la Tierra son: ",
          "answers": {
            "correct": "El Sol, la Luna y Venus",
            "option1": "El Sol, la Luna y Marte",
            "option2": "El Sol, Venus y la estrella polar"
          }
        }
      ]
    },
    {
      "info": "Hay pocos cráteres en la superficie de Venus y los que se encuentran son de más de 3 km. Su densa atmósfera desintegra los meteoritos más pequeños.",
      "questionsList": [
        {

```



## Super Solar: Videojuego Educativo de Plataformas 2D

```
"question": "¿Por qué Venus no tiene cráteres de menos de 3 km?",
"answers": {
  "correct": "Porque su atmósfera desintegra a los meteoritos más pequeños",
  "option1": "Porque los cráteres más pequeños son erosionados rápidamente",
  "option2": "Porque sólo chocan meteoritos grandes contra Venus"
}
},
{
  "question": "¿Cuántos cráteres tiene Venus?",
  "answers": {
    "correct": "Pocos",
    "option1": "Muchos",
    "option2": "Más de 300"
  }
},
{
  "question": "La atmósfera de Venus es: ",
  "answers": {
    "correct": "Densa",
    "option1": "Tenue",
    "option2": "No tiene atmósfera"
  }
}
]
},
{
  "info": "Hace millones de años impactó contra Venus un enorme meteorito, provocando muchísimas estructuras volcánicas y una rotación retrógrada, en sentido contrario al de la mayoría de los planetas.",
  "questionsList": [
    {
      "question": "¿Cuándo impactó contra Venus un enorme meteorito?",
      "answers": {
        "correct": "Hace millones de años",
        "option1": "Hace cientos de años",
        "option2": "Hace mil siglos"
      }
    },
    {
      "question": "La rotación retrógrada de Venus se debe a: ",
      "answers": {
        "correct": "Al impacto de un enorme meteorito",
        "option1": "La influencia de su campo magnético",
        "option2": "La inclinación de su eje de rotación"
      }
    },
    {
      "question": "Venus tiene: ",
      "answers": {
        "correct": "Muchísimas estructuras volcánicas",
        "option1": "Muchos cráteres",
        "option2": "Agua congelada"
      }
    }
  ]
}
},
{
```

## Super Solar: Videojuego Educativo de Plataformas 2D

```
"info": "La densa atmósfera de Venus está compuesta por dióxido de carbono, algo de nitrógeno y gruesas nubes de ácido sulfúrico que cubren completamente el planeta.",
"questionsList": [
  {
    "question": "La atmósfera de Venus está compuesta por: ",
    "answers": {
      "correct": "Dióxido de carbono, un poco de nitrógeno y nubes de ácido sulfúrico",
      "option1": "Hidrógeno, Helio y nitrógeno",
      "option2": "Dióxido de carbono, un poco de nitrógeno y trazas de oxígeno"
    }
  },
  {
    "question": "¿Cómo son las nubes de Venus?",
    "answers": {
      "correct": "Son gruesas y compuestas de ácido sulfúrico",
      "option1": "Son pequeñas y están formadas de vapor de agua",
      "option2": "Son gruesas y compuestas de partículas en suspensión"
    }
  },
  {
    "question": "Venus tiene: ",
    "answers": {
      "correct": "Muchas nubes que cubren todo el planeta",
      "option1": "Pocas nubes y muchas tormentas de arena",
      "option2": "Muchas nubes en los polos"
    }
  }
]
},
{
  "info": "Al tener una atmósfera tan densa, la presión sobre la superficie de Venus es muy grande, unas 90 veces superior que en la Tierra. Equivale a la presión a 900 m de profundidad bajo el nivel del mar.",
  "questionsList": [
    {
      "question": "La presión sobre la superficie de Venus es: ",
      "answers": {
        "correct": "Unas 90 veces superior que en la Tierra",
        "option1": "Unas 50 veces superior que en la Tierra",
        "option2": "Unas 50 veces inferior que en la Tierra"
      }
    },
    {
      "question": "La presión sobre la superficie de Venus equivale a la presión a: ",
      "answers": {
        "correct": "900 metros bajo el nivel del mar",
        "option1": "700 metros bajo el nivel del mar",
        "option2": "800 kilómetros bajo el nivel del mar"
      }
    }
  ]
},
{
  "info": "Las nubes de Venus reflejan hacia el espacio la mayor parte de los rayos solares, lo que hace que su superficie sea oscura. Los rayos que consiguen atravesar las nubes quedan atrapados dentro de la atmósfera. Ello genera un fuerte efecto invernadero.",
  "questionsList": [
    {
```

```

"question": "¿Cómo es la superficie de Venus?",
"answers": {
  "correct": "Oscura",
  "option1": "Luminosa",
  "option2": "Fría"
}
},
{
  "question": "¿Qué provocan las gruesas nubes de Venus?",
  "answers": {
    "correct": "Un efecto invernadero",
    "option1": "Inundaciones",
    "option2": "Auroras boreales"
  }
}
]
},
{
  "info": "Venus es el planeta más caliente del Sistema Solar. La media de la temperatura en su
superficie es de 464° C. Esta temperatura es constante, apenas varía durante el día y la noche.
Esto resulta bastante sorprendente teniendo en cuenta que cada día en Venus corresponde a 116,7
días terrestres.",
  "questionsList": [
    {
      "question": "Venus es: ",
      "answers": {
        "correct": "El planeta más caliente del Sistema Solar",
        "option1": "El planeta más frío del Sistema Solar",
        "option2": "El planeta con cambios más bruscos de temperatura."
      }
    },
    {
      "question": "La media de la temperatura de su superficie es de: ",
      "answers": {
        "correct": "464° C",
        "option1": "100° C",
        "option2": "50° C"
      }
    },
    {
      "question": "¿Varía la temperatura en Venus entre el día y la noche?",
      "answers": {
        "correct": "No, apenas varía",
        "option1": "Sí, varía mucho",
        "option2": "Sólo en sus zonas desérticas"
      }
    },
    {
      "question": "Un día de Venus corresponde a: ",
      "answers": {
        "correct": "116,7 días terrestres",
        "option1": "10 días terrestres",
        "option2": "2 días terrestres"
      }
    }
  ]
}
},
{

```

```
"info": "Los vientos en la atmósfera superior de Venus son muy violentos. Arrastran las nubes y dan la vuelta al planeta en cuatro días. En la superficie, los vientos son menos violentos pero, debido a la alta presión, tienen mucha fuerza.",
"questionsList": [
  {
    "question": "Los vientos en la parte superior de la atmósfera de Venus son: ",
    "answers": {
      "correct": "Violentos",
      "option1": "Suaves",
      "option2": "Violentos por el día y suaves por la noche"
    }
  },
  {
    "question": "¿Cuánto tardan las nubes de Venus en dar la vuelta al planeta?",
    "answers": {
      "correct": "Cuatro días",
      "option1": "Una semana",
      "option2": "Un mes"
    }
  },
  {
    "question": "¿Cómo es el viento en la superficie de Venus?",
    "answers": {
      "correct": "Tiene mucha fuerza debido a la alta presión",
      "option1": "Es muy violento",
      "option2": "Suele ser suave pero con algunos intervalos fuertes"
    }
  }
]
},
{
  "info": "El campo magnético de Venus es muy débil y no es capaz de proteger al planeta del viento solar. Es el motivo por el que el agua se descompuso en hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno se escapó hacia el espacio y el oxígeno permanece en la atmósfera en forma de dióxido de carbono.",
  "questionsList": [
    {
      "question": "Su campo magnético es: ",
      "answers": {
        "correct": "Débil",
        "option1": "Fuerte",
        "option2": "Similar al de la Tierra"
      }
    },
    {
      "question": "El campo magnético protege a los planetas de: ",
      "answers": {
        "correct": "El viento solar",
        "option1": "Los meteoritos",
        "option2": "Objetos voladores no identificados"
      }
    },
    {
      "question": "¿Qué ocurrió al agua que había en Venus?",
      "answers": {
        "correct": "Se descompuso en hidrógeno y oxígeno",
        "option1": "Se evaporó debido a las altas temperaturas",
        "option2": "Se filtró hacia las capas más internas del planeta"
      }
    }
  ]
}
```

```
}  
  ]  
    }  
      ]  
        }
```