





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA  
GRADO EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

**APLICACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL SOBRE DISTINTOS JUEGOS CON FINES  
EDUCATIVOS.**

**VIRTUAL REALITY APPLICATION ABOUT DIFFERENT GAMES FOR  
EDUCATIONAL PURPOSES.**

Realizado por

**Emilio Sánchez Serrano**

Tutorizado por

**Eduardo Guzmán De los Riscos**

**Elena Blanes Fernández**

Departamento

**Lenguajes y Ciencias de la Computación**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

MÁLAGA, Junio 2018

Fecha defensa:

El Secretario del Tribunal



**Resumen:** En este trabajo de fin de grado se expone una aplicación de Realidad Virtual con escenarios 3D apta para dispositivos móviles de gama media-alta. Funciona como una plataforma en la que, a través de salas temáticas se plantearán distintos desafíos que evalúan las capacidades del usuario o les ayudan en su aprendizaje sobre temas educativos relacionados con la ciencia. Dentro de estos temas en 3D se puede destacar: visualizar el sistema solar a escala e interactuar con los distintos planetas, ver los movimientos de la Tierra, estudiar las distintas constelaciones, observar los huesos del cuerpo humano, ver dinosaurios a escala e interactuar con ellos, ver elementos de la tabla periódica en 3D, . . . Por otro lado, el usuario encontrará juegos relacionados con las temáticas, donde aprenden a la par que se divierten. Destacar además, que esta aplicación no requiere de ningún elemento más que un móvil y unas gafas de Realidad Virtual, de forma que cualquier alumno pueda utilizarla como material didáctico.

**Palabras clave:** Realidad Virtual, Unity 3D, Educación, C#, Microsoft Virtual Studio, Sistema Solar, Dinosaurios, Constelaciones.

**Abstract:** In this final project, a Virtual Reality application with 3D scenes is focused to mobile devices of medium-high range. It works as a platform with thematic rooms where different challenges will be posed to assess the user's abilities or to help them in their learning about educational themes related to science. In this 3D themes, it can be highlighted: to visualize the scale model of the Solar System and to interact with the different planets, to watch the movements of the Earth, to study the different constellations, to observe the bones of the human body, to watch dinosaurs at scale and interact with them, to watch elements of the periodic table in 3D... On the other hand, the user will find games related to the themes, where they learn while having fun. In addition, this application does not require any element other than a mobile and Virtual Reality glasses, so that any student can use it as teaching material.

**Keywords:** Virtual Reality, Unity 3D, Education, C#, Microsoft Virtual Studio, Solar System, Dinosaurs, Constellations.



## Índice de contenidos

<b>Capítulo 1</b>	<b>Introducción</b>	<b>9</b>
1.1	Motivación	9
1.2	Objetivo principal	9
1.3	Objetivos transversales	10
1.4	Estructura de la memoria	11
<b>Capítulo 2</b>	<b>Realidad Virtual</b>	<b>15</b>
2.1	Definición	15
2.2	Antecedentes	15
2.3	Tipos de Realidad Virtual	18
2.4	Mecanismos utilizados en la Realidad Virtual	19
2.5	Usos de la Realidad Virtual en la actualidad	20
2.6	Efectos secundarios de la Realidad Virtual	21
<b>Capítulo 3</b>	<b>Técnicas y herramientas utilizadas</b>	<b>23</b>
3.1	Unity	23
3.1.1	Interfaz gráfica	24
3.1.2	Asset Store	25
3.2	Virtual Studio	26
3.3	Otros programas utilizados	26
<b>Capítulo 4</b>	<b>Gestión del proyecto</b>	<b>27</b>
4.1	Metodología	27
4.2	Planificación	28
<b>Capítulo 5</b>	<b>Análisis y diseño del proyecto</b>	<b>29</b>
5.1	Investigación	29
5.2	Análisis del proyecto	29
5.2.1	Definición de requisitos	30

5.2.1.1	Requisitos funcionales . . . . .	30
5.2.1.2	Requisitos no funcionales . . . . .	32
5.2.2	Actores . . . . .	33
5.2.3	Diagrama de Casos de Uso . . . . .	33
<b>5.3</b>	<b>Diseño del sistema . . . . .</b>	<b>34</b>
5.3.1	Descripción de los casos de uso . . . . .	34
5.3.2	Diagrama de comportamiento . . . . .	43
5.3.3	Matriz de trazabilidad . . . . .	44
<b>5.4</b>	<b>Proposición de ideas . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>5.5</b>	<b>Flujo de escenas . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>5.6</b>	<b>Diseño de escenarios . . . . .</b>	<b>46</b>
5.6.1	Introducción . . . . .	46
5.6.2	Elección del Diseño . . . . .	47
5.6.3	Otras consideraciones . . . . .	49
<b>Capítulo 6</b>	<b>Desarrollo, implementación y pruebas . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>6.1</b>	<b>Interacción . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>6.2</b>	<b>Implementación del proyecto . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>6.3</b>	<b>Sonido . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>6.4</b>	<b>Pruebas . . . . .</b>	<b>54</b>
6.4.1	Pruebas funcionales . . . . .	54
6.4.2	Pruebas no funcionales . . . . .	54
<b>Capítulo 7</b>	<b>Conclusiones, limitaciones y líneas futuras . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>7.1</b>	<b>Conclusiones finales . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>7.2</b>	<b>Limitaciones del proyecto . . . . .</b>	<b>58</b>
7.2.1	Limitaciones personales . . . . .	58
7.2.2	Limitaciones generales . . . . .	58
<b>7.3</b>	<b>Líneas futuras . . . . .</b>	<b>59</b>
<b>Capítulo 8</b>	<b>Bibliografía y referencias . . . . .</b>	<b>61</b>

## Introducción

### 1.1. Motivación

En el ámbito de la educación, de forma diaria, encontramos **límites que dificultan el aprendizaje** de los estudiantes en cada una de las áreas del conocimiento. En particular, la ciencia se encuentra plagada de contenido muy teórico y los recursos de los que se dispone actualmente para el aprendizaje del alumnado resultan insuficientes para la completa comprensión y asimilación de los conceptos.

Hay que añadir, que esta forma de aprendizaje resulta, para la mayoría de los estudiantes, algo monótona y tediosa causando en el alumno tanto desmotivación como desinterés hacia la materia en cuestión.

A raíz de estas dos ideas surge este proyecto. Este pretende ser una nueva forma de material didáctico que permita atrapar la atención del alumno ofreciendo un contenido más interactivo y dinámico a través de la **realidad virtual**.

A través de la realidad virtual los estudiantes son capaces de **asimilar el contenido teórico** de la materia de una forma más atractiva. Gracias a ella, se ofrece una forma alternativa de aprender los huesos de un esqueleto humano, visualizar la composición de protones y electrones de un átomo, adentrarse en el mundo de dinosaurios e incluso comprender los movimientos de la tierra y apreciar las constelaciones en tres dimensiones.

Para hacer de este proyecto, una **aplicación interactiva y dinámica**, se ha estructurado las áreas de conocimiento e integrado pequeños retos y “*minijuegos*”, donde los estudiantes aprenden a la par que se divierten, avanzando en el flujo de la aplicación. De esta forma se consigue que los estudiantes se muestren más atentos y cooperadores, aprendiendo de una forma más visual y rápida.

### 1.2. Objetivo principal

El objetivo principal que se pretende alcanzar con el desarrollo de esta aplicación consiste en **ofrecer a los estudiantes una nueva forma alternativa de aprendizaje** poniendo a su disposición una aplicación para smartphones.

Con esto se consigue proporcionar una herramienta alternativa que no requiere de otro recurso adicional más que un teléfono móvil. El uso de la aplicación no sólo repercutirá sobre la forma de aprender, sino que pretende, además, ahorrar tiempo en la enseñanza ofreciendo un **método productivo y beneficioso**, tanto para estudiantes como profesores.

### 1.3. Objetivos transversales

Con objeto de que la aplicación pueda cumplir el objetivo principal, esta debe regirse por otros objetivos transversales, ya que sin ellos no sería posible desarrollar este proyecto de forma correcta. Estos objetivos transversales **son consecuencia del tipo de tecnología** donde se desarrolla la aplicación, es decir, de los dispositivos móviles y de la realidad virtual.

A continuación se va a ir comentando algunos de estos objetivos transversales más importantes:

- **Formas de interacción:** Al desarrollar esta aplicación de Realidad Virtual en un dispositivo móvil se enfrenta a que el usuario no tenga formas de interactuar, ya que, a diferencia del resto de tecnologías que utilizan Realidad Virtual, el dispositivo móvil únicamente tiene como herramienta de entrada el sentido de la vista para el proyecto.

Podría utilizar también un mando que se conectase por Bluetooth al móvil, o gafas de realidad virtual que permitan poder tocar la pantalla táctil, pero el objetivo principal de este proyecto es que llegue a cualquier alumno sin estos recursos.

Es por ello que el desarrollo de la aplicación se basa únicamente en **la vista como dispositivo de entrada por el usuario**. Siendo este es uno de los objetivos transversales que más caracteriza la aplicación.

- **Navegación intuitiva:** La aplicación debe ser capaz de guiar al usuario de una forma eficaz, permitiendo que este sea capaz de interactuar con los elementos que contiene y avanzar en el flujo de la misma. Para ello **la interfaz utilizada será clara y concisa**, se le dará información continua al usuario sobre que ocurre, posibilidad de avanzar o retroceder, icono atractivos, etc.
- **Optimización:** Para que la aplicación este disponible para cualquier usuario sin un móvil de gama alta, **se ha de optimizarla lo máximo posible**. La Realidad Virtual necesita dar un efecto de tres dimensiones al usuario, para ello continuamente procesa dos imágenes distintas para cada ojo, esto hace que consuma gran cantidad de recursos. Debido a esto, este objetivo ha definido el diseño de la aplicación, la iluminación, sonido, efectos de postprocesado en la cámara o cualquier otro elemento que puedan consumir demasiados recursos. Además, era el primer determinante sobre cómo estructurar la programación.

- **Atenuar las molestias de la Realidad Virtual:** El uso de la Realidad Virtual conlleva muchos aspectos negativos, puede provocar mareos, náuseas, dolor de cabeza o un gran cansancio de vista al encontrarse la pantalla del teléfono tan cerca de los ojos. El objetivo ha sido **desarrollar nuestra aplicación minimizando estos efectos.**

## 1.4. Estructura de la memoria

La memoria de este trabajo de fin de grado se ha estructurado de forma que sea comprensible para el lector. Se ha dividido en nueve capítulos que contienen toda la información necesaria para entender el contexto desde donde parte la aplicación, así como un análisis posterior sobre la metodología usada, y su diseño y desarrollo, terminando con un breve manual de uso, conclusiones y limitaciones de la misma.

A continuación se va hacer un breve resumen de cada uno de estos capítulos.

### 1. INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se hace una introducción al proyecto, describiendo el **ámbito donde se desarrolla**, los objetivos que se alcanzan y los puntos más representativos del mismo.

### 2. REALIDAD VIRTUAL

En este apartado, se hará una **descripción global** sobre la Realidad Virtual en la actualidad, donde se definirá y entenderán las técnicas que utiliza. Se observará los distintos **tipos de Realidad Virtual** que se puede dar en función de la tecnología o los métodos utilizados, se estudiará los avanzados usos que puede tener en nuestro día a día en la formación, educación o medicina entre otros y por último, se comentará los **aspectos negativos** o problemas de la misma.

### 3. TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

En este capítulo se estudiará con profundidad el principal motor de desarrollo de este proyecto, **Unity**. Primero se expondrá un concepto global del mismo y las plataformas objetivo sobre las que este motor desarrolla, posteriormente se analizará su **interfaz gráfica** y los principales elementos de los que se compone.

Además de Unity, se analizará el uso de **Virtual Studio** como entorno de desarrollo integrado, y otras herramientas menos utilizadas como **Blender** utilizado para el modelado, renderizado, iluminación y creación de gráficos en tres dimensiones y programas online para el renderizado de imágenes en 2D.

#### 4. GESTIÓN DEL PROYECTO

En esta sección se analizará cómo ha evolucionado el proyecto desde su inicio hasta el final, prestando atención a la **metodología** utilizada para su desarrollo y las duración de las fases sobre las que se ha desarrollado.

#### 5. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

Este capítulo junto con el siguiente forman parte de los capítulos más importantes de la memoria, en ellos se verá los pasos que se han seguido para desarrollar este proyecto. Se verá una **investigación** inicial realizada sobre aplicaciones de Realidad Virtual en la actualidad para dispositivos móviles y sobre las **temáticas educativas** que se han integrado en nuestro proyecto. Se realizará un **análisis sobre los requisitos del proyecto** acompañados por los diagramas de casos de uso, de clases y la matriz de trazabilidad.

Posteriormente, se expondrá las **ideas iniciales** y cómo han ido cambiando hasta las definitivas junto con los **criterios** que han provocado dicho cambio. Se cerrará el capítulo, tras comentar cómo se ha realizado el **análisis** de las distintas escenas y el **flujo** de las mismas.

#### 6. DESARROLLO, IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA

Este apartado se profundizará en la **estructura la fases de desarrollo** de nuestro sistema. Se analizará la **implementación**, comenzando por el **diseño** de los elementos que componen las escenas hasta la programación utilizada.

Además, se detallaran las distintas posibilidades estudiadas para la interacción del usuario con los objetos, las **animaciones**, e incluso cómo se ha elegido el **sonido** de la aplicación.

Por último, las distintas **pruebas** a las que se ha sometido la aplicación. Esto conlleva pruebas desde cambiar la gama del móvil donde se desarrolla, a que usuarios no relacionados con la Realidad Virtual prueben nuestra aplicación.

#### 7. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este capítulo se exponen las **conclusiones** obtenidas tras realizar el proyecto, las **limitaciones** que tiene y con las que se ha tenido que lidiar en el desarrollo del mismo, así como las **posibles evoluciones** que puede tener a lo largo del tiempo.

## **8. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

En este apartado se encuentran todas las **referencias** y la **bibliografía** utilizada durante el desarrollo del proyecto.

## **ANEXO. MANUAL DE USO**

En esta sección encontraremos un manual que permitirá entender el **funcionamiento** de la aplicación fácilmente. Comprendiendo las distintas formas de interacción, cómo moverse, los elementos con los que se interacciona e incluso las acciones que podemos realizar.



CAPÍTULO 2

## Realidad Virtual

### 2.1. Definición

La Real Academia Española define realidad virtual como la “*Representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real*”. Es decir, la Realidad Virtual es introducir al usuario a una **inmersión en un mundo ficticio** creado de manera artificial, para ello, dicho usuario debe de ayudarse de un dispositivo como unas gafas de realidad virtual.



Figura 2.1: Simulación de Realidad Virtual  
(Calidad y tecnología, 2016)

Para hacer **más inmersiva** su experiencia además de las gafas utilizadas pueden **acompañarlo de más elementos** como mandos, cascos o guantes que ayudan a que puedan interactuar de una manera más “real” con el entorno. Obteniendo así mayor número de estímulos del mismo, como el sonido a través de los cascos, la vibración a través de los mandos o simular los dedos a través de los botones de un mando.

### 2.2. Antecedentes

En la actualidad son muchas las personas que creen que la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada y la mixta, que es la utilización de ambas a la vez, es reciente y que anteriormente no existía, pero no es así.

Algunos hechos relatan que en 1860, el dramaturgo Antonin Artaud ya usó la tecnología de vanguardia para difuminar el límite entre la ilusión y la realidad en varios de sus espectáculos. Pero no es hasta 1935 cuando se considero la **primera referencia** a la Realidad Virtual, el causante fue Staleny G.Weinbaum, autor de un relato llamado *Las gafas de Pigmalión*. Donde, en

dicho relato se exponía la idea de la utilización de un mecanismo de Realidad Virtual a través de unas gafas, utilizando hologramas e incluyendo el tacto y el olor.

Posteriormente, Morton Heilig, filósofo, inventor y cineasta, diseñó en 1957 la que se conoce como la **primera máquina** que entra en la **definición de Realidad Virtual**. Le dio el nombre de *Sensorama* y como muestra la Figura 2.2 tenía forma de máquina recreativa, pero su temática era totalmente diferente. Morton quería que los usuarios tuvieran la experiencia de poder conducir una moto. Para ello, combinó imágenes en 3D junto con otros estímulos como el sonido estéreo, el viento en la cara o los olores del entorno que se iba recorriendo.

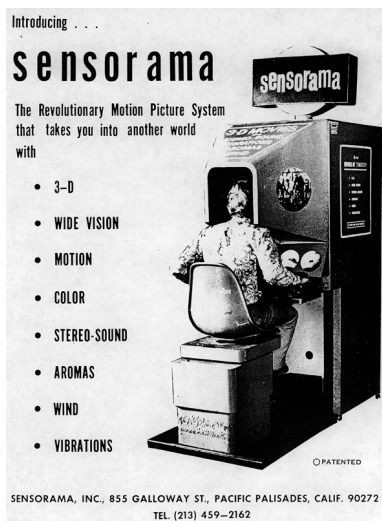


Figura 2.2: Publicidad del Sensorama (Xataka, 2018)

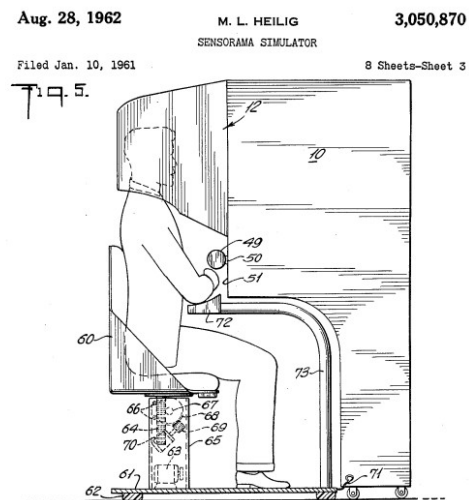


Figura 2.3: Planos de la patente del Sensorama 1962 (Xataka, 2018)

Durante los siguientes años, en la década de los 60, el concepto siguió desarrollándose, Phillco Corporation realizó un proyecto donde el sistema informático se reducía considerablemente a un casco con una pantalla que controlaba la posición de la cabeza ayudándose así a entrenamientos militares.



Figura 2.4: Película Tron (mobilesyrup.com, 2016)

En 1982 se estrenó Tron, una de las primeras películas que usaba computación gráfica de manera importante, llevando a los espectadores el **concepto de Realidad Virtual**, coincidiendo la estética que representaban con la que hoy utilizan los dispositivos de Realidad Virtual.

Pero no fue hasta la década de los 90 cuando se empezó a utilizar la Realidad Virtual con uso comercial. En 1993 Sega desarrolló por primera vez unas gafas de realidad virtual, Sega VR, y en 1995 Nintendo desarrolló Virtual Boy. Finalmente, ambos diseños **no tuvieron éxito** debido a lo ineficaz que era la tecnología, los problemas de salud que causaba la Realidad Virtual o la disposición de juegos demasiado exclusivos.



Figura 2.5: VirtualBoy  
(Wikipedia, 2017)



Figura 2.6: Sega VR  
(Segaretro, 2018)

Dentro de la historia de la Realidad Virtual habría que destacar también el gran papel que jugó la película de MATRIX estrenada en 1999, la cual, anticipaba la era de internet y el progreso tecnológico, así como la nueva era de la Realidad Virtual.

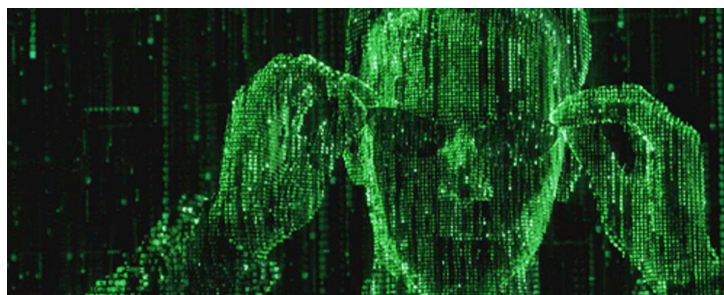


Figura 2.7: Película Matrix  
(El periódico, 2017)

Posteriormente la idea de la Realidad Virtual pasó desapercibida hasta **2010**, donde llegó a su **punto de inflexión**. Palmer Luckey comenzó a desarrollar lo que hoy en día son las Oculus Rift, para ello realizó una campaña para financiar su proyecto, y no sólo consiguió que fuera todo un éxito, sino que Facebook acabó comprando toda su compañía junto con el proyecto.

Tras esto, son muchas las compañías que han desarrollado **distintos proyectos** de Realidad Virtual: Oculus con carcasa (Crystal Cover Prototype); Steam desarrolló su propio proyecto Valve VR (que es HTC Vive en la actualidad); Sony empezó el Project Morpheus (llegando a ser PlayStation VR); Samsung en colaboración de Oculus desarrollaron las Samsung Gear In-novator Edition; Google presentó las Google Cardboard (las gafas de cartón) que funcionan en dispositivos móviles.

Este despliegue de tecnología provocó que en **2016** la Realidad virtual tuviese una **aceptación en el mercado**, debido a que consiguió llegar a todos los usuarios **favoreciendo aquellos aspectos negativos** que en el pasado impidieron que esto ocurriera. De esta forma, atenuaron los efectos negativos de salud, redujeron su coste y realizaron diversos juegos para todo tipo de plataformas.

### 2.3. Tipos de Realidad Virtual

Existen diferentes tipos de Realidad Virtual en función de la inmersión que se realice. Se pueden clasificar en tres categorías distintas que son: **realidad inmersiva**, **realidad semi-inmersiva** y **realidad no inmersiva**. Vamos a ver cada una de ellas.

- **Realidad inmersiva:** Este es el ejemplo de Realidad Virtual en el que todos pensaríamos, la más famosa y conocida. Esta enfocada a **introducir al usuario en el mundo ficticio** y que este se sienta como dentro del mismo a través de diferentes estímulos como tocar objetos, caminar o el propio sonido.



Figura 2.8: Ejemplo de Realidad Virtual Inmersiva  
(tudosisdigital.com, 2018)

- **Realidad no inmersiva:** Esta es la más común, pero muchos ni si quieren la consideran Realidad Virtual. En concreto es la que **se proyecta en una pantalla** y es manejada a través de un teclado, ratón, u otros periféricos, es decir, sería como jugar a un videojuego en un ordenador común.



Figura 2.9: Ejemplo de Realidad Virtual no Inmersiva  
(tudosisdigital.com, 2018)

- **Realidad semi-inmersiva o inmersiva de proyección:** Este es el tipo menos conocido, consiste en un conjunto de 3 ó 4 pantallas en forma de cubo que rodean al usuario. En este caso, al igual que en la inmersiva también se utilizan cascos y gafas para seguir el movimiento del usuario pero su finalidad cambia, su misión es la de tener una visión de un mundo real dentro de un mundo virtual.



Figura 2.10: Ejemplo de Realidad Virtual semi inmersiva  
(tudosisdigital.com, 2018)

## 2.4. Mecanismos utilizados en la Realidad Virtual

Para conseguir que el usuario se encuentre inmerso en una realidad ficticia la Realidad Virtual utiliza distintas técnicas o mecanismos.

- **Imágenes en 3D:** Utiliza imágenes tridimensionales que les permiten al usuario tener una percepción real de la escena a través de las gafas o material utilizado.
- **Técnicas estereoscopia:** Para provocar un efecto de profundidad y realismo al usuario, la Realidad Virtual procesa dos imágenes, una para cada ojo, formándose dos imágenes paralelas de esta forma “engaña” a la mente para que estas se superpongan y creen este efecto.
- **Adaptación natural:** La visión se fusiona con la de la aplicación al realizar un seguimiento de los movimientos de la cabeza. Dichos movimientos se transfieren a través de un

control de posición, permitiendo que el uso de la aplicación sea mucho más intuitivo y fácil.

- **Ayudas para una inmersión total:** Con ayuda del hardware conseguimos aislar al usuario de la realidad real, por ejemplo con unos cascos o auriculares. Además se provoca que el oído y la vista reciban muchos estímulos de la Realidad Virtual llevando a que el usuario sea incapaz de prestar atención a la realidad real. De esta forma se consigue una inmersión a la Realidad Virtual lo más completa posible.
- **Hardware:** Para realizar una experiencia eficaz, la Realidad Virtual se ayuda de dispositivos Hardware, como son: sensores de movimiento, una gran resolución de imágenes, una tasa alta de refresco de imágenes que aumenta el grado de fluidez, un gran ángulo de visión (120° frente a los 180° de la vista humana) y áreas de rastreo donde los movimientos que realiza el usuario son registrados por sensores de posición.

## 2.5. Usos de la Realidad Virtual en la actualidad

En los últimos años los usos de la Realidad Virtual son **innumerables**, se hallan en cualquier ámbito de nuestro día a día, y en algunos aspectos que incluso podrían impresionarnos. Vamos a ir viendo algunos ejemplos de cada uno de ellos.

- **Formación o entrenamiento:** Se han desarrollado sistemas para formar a profesionales militares en entornos para **mejorar sus habilidades tácticas** sin el riesgo de tener que hacerlo en un campo de batalla, consiguiendo resultados mejores resultados.

Otro caso sería el de los ingenieros aeronáuticos, donde hay aplicaciones que los forman simulando situaciones como **arreglar o poner una pieza durante el montaje de un avión**. Esto conlleva **muchas ventajas**, entre ellas reducir considerablemente el coste de dicha formación

- **Educación:** Este proyecto que hemos desarrollado sería un ejemplo, pero hay muchos más, las posibilidades serían infinitas. En este ámbito, las aplicaciones de la Realidad Virtual destacan por su **enorme potencial**. Esto es debido a la facilidad para captar la atención de los estudiantes y aumentar su motivación.
- **Psicoterapia:** En este ámbito el uso más común es para la **superación de las fobias**, aunque hay muchas otras aplicaciones. Por ejemplo, a través de la Realidad Virtual, personas con vértigo pueden someterse a situaciones de altura que le producen mucho miedo con la certeza de que estarán seguros, e incluso graduar el reto al que quieren enfrentarse consiguiendo así superarlo con mayor facilidad.
- **Medicina:** En este campo es donde más se ha avanzado de una forma drástica, ya no sólo para **formar profesionales sanitarios**, por ejemplo en el campo quirúrgico donde

los costes y riesgos descienden considerablemente, sino también en el **estudio teórico**. A través de la Realidad Virtual el estudio es mucho más preciso y barato, debido al uso de estructuras anatómicas, dándole al usuario posibilidad de interactuar con los músculos, huesos, nervios o incluso vasos sanguíneos. Además, no sólo influye en el estudio de los futuros médicos sino también a sus pacientes cuando van a las consultas ayudándolos a comprender mejor.

- **Entretenimiento y Ocio:** Hay una infinidad de las aplicaciones que se desarrollan para este ámbito, siendo todas ellas muy distintas entre sí. Dichas aplicaciones pueden ir desde ver una **película** a disfrutar de la experiencia de una **montaña rusa** desde tu propio sofá. Podemos encontrar aplicaciones para poder hacer recorridos virtuales por cualquier parte del mundo, sumergirte en el **mundo marino** e incluso aplicaciones instaladas en **museos** que permiten solucionar algunos problemas de didáctica y comunicación con sus responsables.
- **Videojuegos:** Encontramos la Realidad Virtual en videojuegos como “Resident Evil” para PlayStation4, donde utilizan esta realidad de ficción para disfrutar de una **experiencia terrorífica**, o “Rick and Morty: Virtual Rick-ality” para Oculus Rift y HTC vive, consiguiendo que el usuario pueda interactuar dentro de su serie favorita de manera sencilla y natural.

## 2.6. Efectos secundarios de la Realidad Virtual

A pesar de los avances por mejorar la Realidad Virtual en los últimos años la **latencia**, la **duplicación de imágenes** y la **persistencia siguen provocando efectos secundarios** que afectan a los usuarios. Estos efectos están involucrados directamente con el usuario, no a todas las personas le afectan por igual. Podemos encontrarnos con usuarios que a los minutos pueden tener vómitos, mientras que hay otros que pueden pasarse horas jugando sin tener ninguna consecuencia.

Entre los efectos más comunes podemos destacar el **mareo**, las **náuseas** o la **fatiga visual**, aunque podemos encontrar otros como: calambres en ojo o músculos, movimientos involuntarios, desorientación, trastornos de equilibrio, sudoración excesiva, malestar o dolor en la cabeza o los ojos, somnolencia y fatiga general.



CAPÍTULO 3

## Técnicas y herramientas utilizadas

### 3.1. Unity

Unity es uno de los mayores motores de **juegos multiplataforma**. Posee una comunidad de usuarios enorme, debido principalmente a que cuenta con una versión gratuita muy potente y es fácil de usar. Se comenzó a desarrollar a partir de 2005 por Unity Technologies. Está disponible tanto para Windows como para OS X o Linux.

Unity surgió de la idea de hacer un **motor de videojuegos en 2D y 3D**, pero a día de hoy gran parte de los proyectos que se realizan no son sobre videojuegos, sino que están vinculados a distintos ámbitos como la arquitectura, educación, formación, psicoterapia, etc. Su scripting esta basado en **orientación a objetos** lo que permite lenguajes de programación como C#, Boo y UnityScript (casi igual que JavaScript), en concreto en el proyecto se ha utilizado C#.

Unity cuenta con dos versiones, por un lado UNITY PROFESSIONAL, una versión de pago enfocada a usuarios con mayor conocimiento, y por otro lado, UNITY PERSONAL, una versión gratuita enfocada a todo tipo de usuarios sin necesidad de tener un gran conocimiento.

Además, Unity tiene un sinfín de **plataformas objetivo**, lo que lo hace, junto a todo lo anterior, uno de los mejores motores para desarrollar aplicaciones de la actualidad.

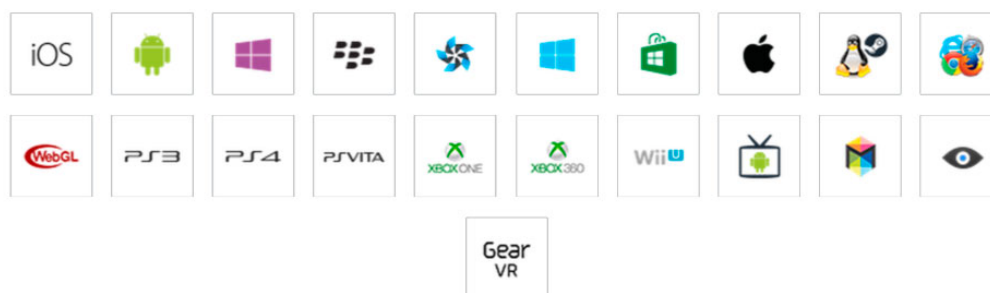


Figura 3.1: Algunos ejemplos de plataformas objetivo de Unity  
(Javi Giner, 2015)

Al tener una **comunidad de usuarios tan grande** detrás influye en el número de tutoriales, ayudas o soluciones online a problemas, contando además con un foro donde puedes pedir ayuda. Tal ha sido la evolución de Unity en los últimos años que no sólo es utilizado por proyectos independientes o startups sino también por grandes empresas. Uno de los ejemplos de proyectos desarrollados con Unity que más ha destacado, es el de *Pokémon Go*.

### 3.1.1. Interfaz gráfica

La **potencia de Unity 3D** puede encontrarse en su interfaz gráfica. Esta posee un **editor** de los más sencillos y a la vez más eficaces. Se ha dividido en 5 partes principales, las cuales quedan claramente diferenciadas en la Figura 3.2:

- **Explorador:** En él se encuentran todos los elementos de nuestro proyecto. Se facilita una búsqueda rápida por nombre. Aquí se puede encontrar imágenes, objetos, escenas, scripts, prefabs, texturas, audios,... En definitiva, todo lo que se usa en el proyecto.
- **Inspector:** El inspector permite que se editen las propiedades de cada uno de los elementos que componen nuestro proyecto. Se permite que cambiemos la posición en la que se encuentra, su rotación, escala, y propiedades bastante más complejas y que dependerán del elemento en cuestión que se trate.
- **Jerarquía:** En este apartado se puede encontrar una lista de jerarquía donde se representan todos los objetos que se tienen en la escena.
- **Escena:** Está formada por el conjunto de todos los elementos que se están utilizando, en ella se encuentra el diseño que se haya realizado.
- **Juego:** En este apartado se puede visualizar el proyecto que se está desarrollando tal y como lo vería el usuario, además se puede editar las resoluciones a la que se vería.

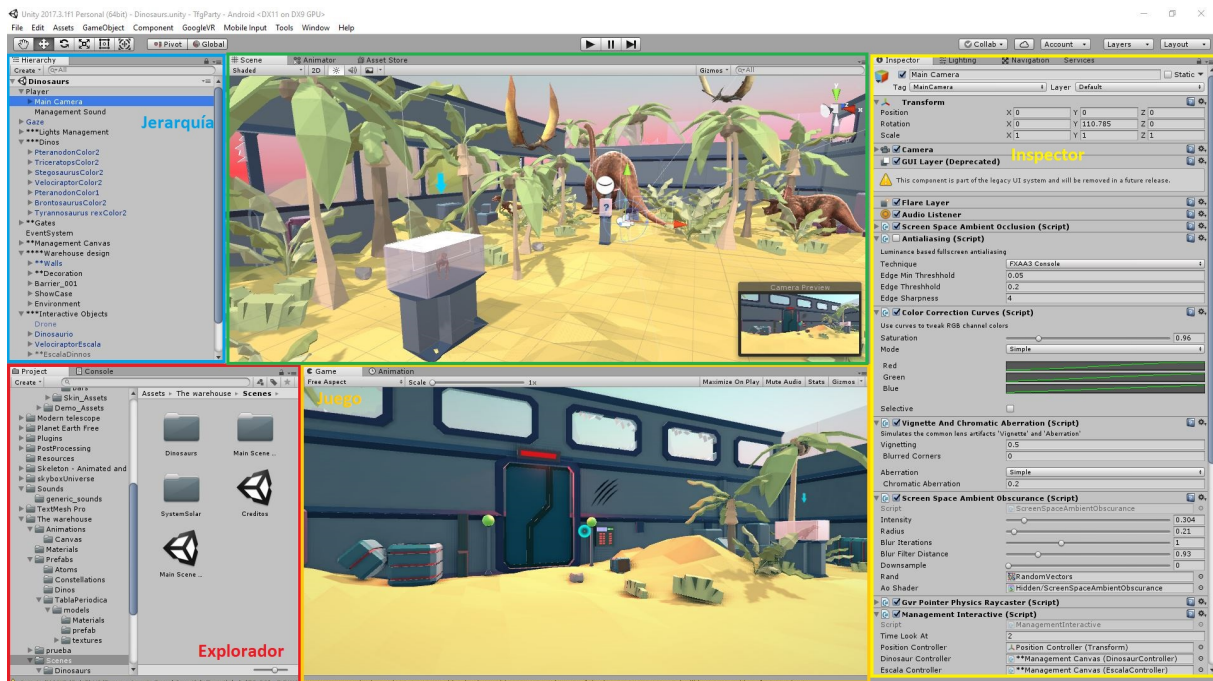


Figura 3.2: Interfaz gráfica de Unity  
Sala Dinosaurios

### 3.1.2. Asset Store

El ASSET STORE es otra de las grandes ventajas que proporciona Unity. En esta plataforma se pueden encontrar tanto **elementos gratuitos como de pago que se encuentran disponibles para descargar**. Sería tan fácil como cuando se descarga una aplicación en PLAY STORE o APPLE STORE. Esta plataforma ofrece modelos 3D listo para usar, interfaces de usuario, scripts, sistemas de partículas, etc.

La mayoría de los elementos 3D empleados en el proyecto han sido obtenidos de esta plataforma. Un ejemplo sería el diseño del ambiente utilizado para la sala de los dinosaurios que han sido descargados de aquí, aunque posteriormente se ha tenido que colocándolos a nuestro gusto, modificándolos, cambiando su escala, rotación, color, etc... Para que sea acorde a nuestra escena. En casos como el anterior sí fue gratuito, pero hay otros casos que han sido de pago, como se comentará más adelante.

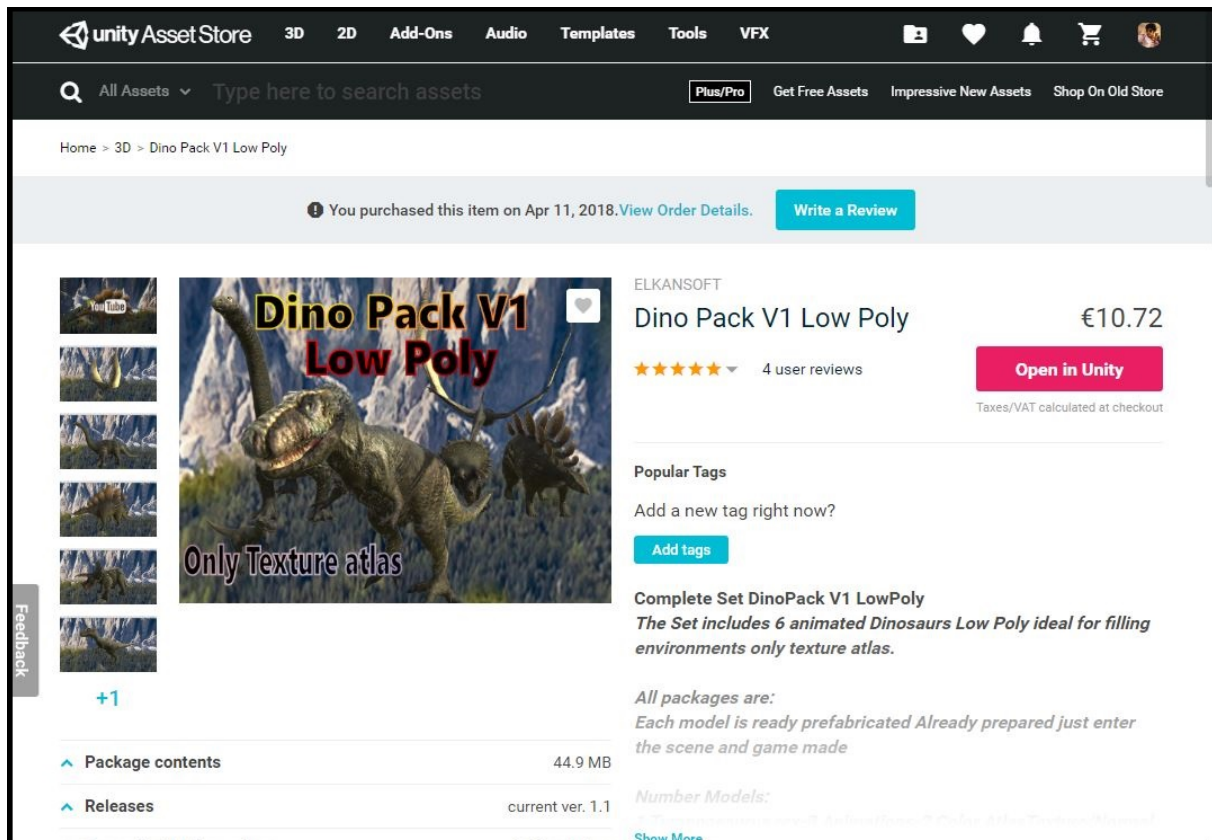


Figura 3.3: Ejemplo de búsqueda en Asset Store

### 3.2. Virtual Studio

Microsoft Visual Studio es un **entorno de desarrollo integrado (IDE)** para sistemas operativos Windows. Para este proyecto se ha utilizado junto con el **lenguaje de programación de C#** para hacer todos los scripts necesarios que dan comportamiento a los elementos que componen la escena. Su finalidad ha sido únicamente la editor de texto, ya que la compilación se hacía dentro de Unity, e informaba a través de su consola si había cualquier fallo y dónde poder encontrarlo, incluso sugiere cuáles podían ser las posibles causas.

### 3.3. Otros programas utilizados

Además de Unity 3D y Visual Studio que han sido los principales programas de este proyecto, se ha utilizado otros programas en menor medida.

Este es el caso de **Blender** un programa que se utiliza para la **edición de elementos en 3D**, cambiar sus texturas, iluminación, animaciones, etc. Su uso ha sido necesario cuando había texturas que no eran del todo correctas o cuando se ha tenido que editar estos elementos en 3D, la utilización de este programa ha sido a un nivel muy básico.

Otro caso son programas online como **Pixlr**, el cual se ha empleado cuando se hace necesario **renderizar una imagen** para utilizarla en el proyecto. Por renderizar se entiende quitarle el fondo a la imagen para obtener únicamente la silueta del dibujo y que sea transparente su fondo. De esta forma se han puesto los dibujos de las puertas que se pueden encontrar en el proyecto, estos ejemplos se pueden visualizar en las siguientes figuras.



Figura 3.4: Ejemplo de imagen renderizada 1. Figura 3.5: Ejemplo de imagen renderizada 2.

## Gestión del proyecto

### 4.1. Metodología

La metodología que se ha utilizado en nuestro proyecto es KANBAN con límites de tiempo de realización de tareas. Dicha metodología consiste en agrupar las tareas en tres apartados: *Por hacer*, *En progreso* y *Hecho*. Para ello, se va a utilizar un software de gestión de proyectos llamado TRELLO. Se trata de una plataforma online que permite administrar cada una de las tareas en listas distintas, dándole distintas prioridades y además, a cada una de las tareas le permite indicar la fecha límite de su finalización para así tener un control de la gestión del proyecto, es muy cómodo y flexible.

Una vez definida la estimación de la duración de las tareas y el software para organizarlo, se ha utilizado una **metodología en cascada** en cada iteración para definir el proceso de desarrollo de nuestra aplicación. De esta forma, al poder aislar el desarrollo por etapas (casos de uso, salas completas, flujo global,...), cada una de estas etapas era desarrollada a través de las fases que indicaban la metodología en cascada, llegando a aplicar esta metodología con etapas realimentadas de forma iterativa, como se puede observar en la Figura 4.1.

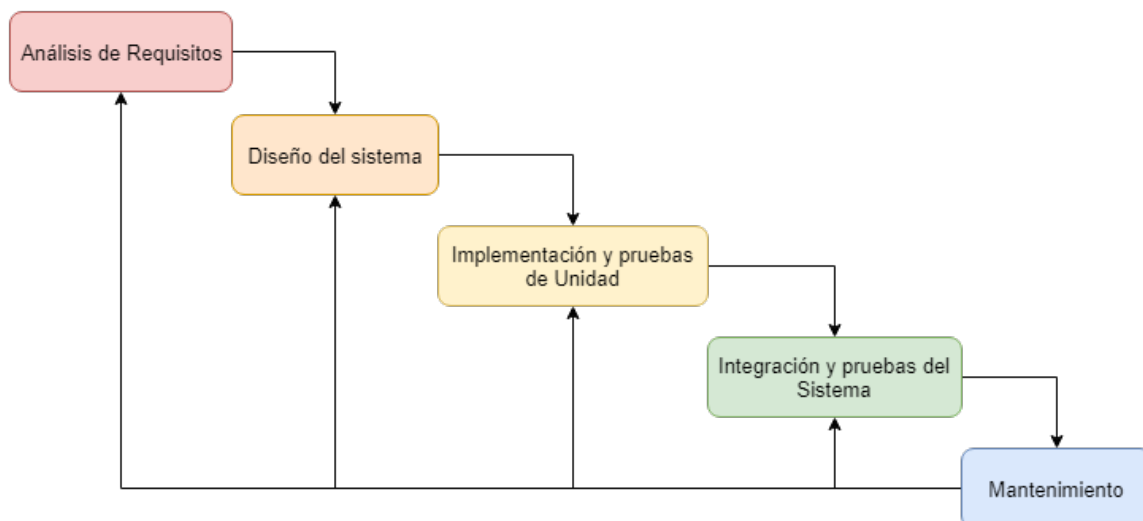


Figura 4.1: Metodología de cascada retroalimentada

## 4.2. Planificación

La planificación se muestra en el siguiente apartado donde se realizará el análisis de nuestro proyecto. En concreto, la planificación se ha basado en uno de los criterios de este análisis, subdividirlo en salas y hacer una estimación de la duración para realizar cada una de ellas, de esta forma obtendríamos cada una de las fases en las que organizamos nuestro proyecto. A continuación adjuntamos una tabla donde podemos ver las estimaciones en horas.

ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN DE CADA FASE	
Fases	Duración [h]
Análisis de Requisitos y Diseño	40
Elaboración UI	16
Sala Dinosaurios	60
Sala Sistema Solar	50
Sala Constelaciones	35
Sala General	50
Enlace de Salas	12
Pruebas	35
Corrección Bugs	40
Memoria	60

Tabla 4.1: Estimación de las duración de las fases en horas

CAPÍTULO 5

## Análisis y diseño del proyecto

### 5.1. Investigación

La investigación fue el primer paso al comenzar en el proyecto. Dado que no se había trabajado anteriormente con muchos proyectos relacionados con Realidad Virtual, el primer paso en la investigación fue **descargar aplicaciones** que la utilizaran y dónde además las temáticas estuviesen relacionadas con las que se querían implementar en nuestro proyecto.

Fue así cuando **se probaron decenas de aplicaciones** de Realidad Virtual con temáticas sobre los dinosaurios, el Sistema Solar, las constelaciones, los safaris, etc. Se obtuvieron distintas conclusiones referidas a cuáles serían las mejores formas de interacción utilizando Realidad Virtual, qué aspectos positivos destacar de cada una de estas aplicaciones, cuáles serían los métodos que se utilizarían de entrada por el usuario, y qué papel jugaban las temáticas en cada una de estas aplicaciones.

Esto sirvió de orientación para **saber cómo enfocar el proyecto**, cuáles serían los puntos positivos del mismo y qué hacer para innovar, aportando algo que las aplicaciones que se habían probado no tenían.

Posteriormente, se comenzó con la segunda parte de la investigación. Esta parte consistía en **estudiar cada una de las temáticas** que cubría la aplicación: desde el estudio de los dinosaurios y su hábitat, donde se buscó información sobre cada uno de ellos, hasta el estudio del Sistema Solar o las constelaciones, donde se consultaron enciclopedias y libros teóricos. Además de esto, se estudiaron las órbitas de los átomos, o los distintos huesos que se podían destacar del esqueleto humano.

Al ser la principal finalidad de la aplicación el ser utilizada como material didáctico, se ha recurrido mucho a los libros de textos utilizados en los distintos niveles educativos para adaptarse a ellos.

### 5.2. Análisis del proyecto

En este apartado se va a realizar una **descripción completa del comportamiento** del proyecto. Se comenzará definiendo los requisitos del mismo e incluyendo los diagramas de usos que describen todas las interacciones de los actores con el sistema.

### 5.2.1. Definición de requisitos

A continuación se procede a realizar la definición de requisitos del proyecto. Para ello, se listarán en dos listas, según si son funcionales o no funcionales, con sus respectivos identificadores.

#### 5.2.1.1. Requisitos funcionales

Se va a definir los requisitos funcionales del proyecto. Estos son los requisitos que definen una función del sistema o de sus componentes. Es decir, son quienes establecen el comportamiento final de la aplicación.

Para una mejor comprensión se va a organizarlos por categorías. Primero, los generales y posteriormente, los requisitos relacionados con cada una de las salas de nuestra aplicación.

REQUISITOS GENERALES		
ID	Nombre	Descripción
RG1	Vista como entrada.	El usuario utilizará la vista como único medio de entrada (input).
RG2	Interacción con la interfaz gráfica.	El usuario podrá interactuar con los elementos de la interfaz gráfica.
RG3	Interacción con objetos.	El usuario podrá interactuar con los objetos.
RG4	Objetos interactivos.	Los objetos junto con su interfaz gráfica se acercaran al usuario cuando este interactúe.
RG5	Movimiento.	El usuario podrá moverse mirando hacia el suelo.
RG6	Visualización interfaz gráfica.	El usuario podrá visualizar el contenido de la interfaz gráfica.
RG7	Control interfaz gráfica.	El sistema controlará el flujo de la interfaz gráfica.
RG8	Cambio de escenas.	El usuario podrá desplazarse entre distintas escenas.
RG9	Señales intuitivos	El usuario debe intuir cuales son los objetos interactivos.
RG10	Control de iluminación.	El sistema controlará la iluminación de la sala.
RG11	Control de Sonido	El sistema controlará el sonido proveniente de botones o elementos de las escenas.
RG12	Sonido ambiental.	El sistema controlará un sonido ambiental para cada una de las salas.
RG13	Imagen postprocesada.	La cámara aplicará efectos de postprocesado a la imagen obtenida.
RG14	Control concurrente.	El sistema tendrá un control concurrente sobre los distintos procesos.

<b>SALA GENERAL</b>		
<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
RSG1	Visualización de huesos.	El usuario deberá de ser capaz de poder visualizar los huesos en 3D.
RSG2	Erupción del volcán.	El usuario podrá observar la erupción de un volcán.
RSG3	Observación de átomos.	El usuario podrá visualizar distintos átomos con sus protones y electrones en sus órbitas.

<b>SISTEMA SOLAR</b>		
<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
RSS1	Visualización del Sistema Solar.	El usuario podrá observar el Sistema Solar a escala en 3D.
RSS2	Información del Sistema Solar.	El usuario podrá obtener información sobre cada elemento del Sistema Solar.
RSS3	Movimientos de la Tierra.	El usuario podrá visualizar los movimientos de la Tierra junto con su información.
RSS4	Movimiento del Sistema Solar.	El usuario podrá observar el Sistema Solar en movimiento.
RSS5	Elección movimientos de la Tierra	El usuario podrá elegir qué movimiento quiere ver.

<b>SALA CONSTELACIONES</b>		
<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
RC1	Visualización Constelaciones.	El usuario deberá de poder visualizar las constelaciones a escala.
RC2	Información Constelaciones.	El usuario recibirá información sobre cada una de las constelaciones mostradas.
RC3	Selección Constelaciones.	El usuario podrá seleccionar qué constelación quiere ver o informarse.

SALA DINOSAURIOS		
ID	Nombre	Descripción
RD1	Visualización Dinosaurios.	El usuario debe ser capaz de poder observar distintos tipos de dinosaurios en su hábitat.
RD2	Visualización Dinosaurios.	El usuario podrá acceder a un catálogo de dinosaurios en 3D con su respectiva información.
RD3	Selección Dinosaurios.	El usuario podrá decidir que Dinosaurio quiere ver en 3D y obtener su información.
RD4	Escala Dinosaurios.	El usuario podrá ver los Dinosaurios a escala entre sí.
RD5	Realización Test.	El usuario puede realizar un test cuyo contenido trata sobre Dinosaurios.

### 5.2.1.2. Requisitos no funcionales

A continuación, se va a describir los requisitos no funcionales de la aplicación. Comentar que, los requisitos no funcionales son aquellos requisitos que no realizan ninguna función en el sistema, sino que son características de cómo se realizan las funciones del sistema. Se reflejan en la siguiente tabla.

REQUISITOS NO FUNCIONALES		
ID	Nombre	Descripción
RNF1	Rendimiento.	El sistema tendrá una ejecución fluida con un mínimo de 90 FPS.
RNF2	Usabilidad.	La navegación por el flujo de la aplicación deberá ser intuitiva.
RNF3	Usabilidad.	El sistema contará con un manual de usuario.
RNF4	Usabilidad.	El sistema contará con interfaces gráficas que le dan información al usuario continuamente antes de realizar una acción.
RNF5	Concurrencia.	El sistema manejará un control concurrente para que no se puedan activar varias interfaces gráficas o/y objetos interactivos a la vez.
RNF6	Simplicidad.	El flujo del sistema será simple, organizado y no tendrá mucho recorrido.
RNF7	Accesibilidad.	El sistema podrá utilizarse en dispositivos con sistema operativo Android 5.0 como mínimo.
RNF8	Hardware.	El sistema requerirá de los mínimos recursos posibles, aun así, requiere de un dispositivo de gama media-alta mínimo.

### 5.2.2. Actores

En la aplicación a diferencia de otras muchas, apenas intervienen actores. Únicamente se pueden identificar el usuario y el sistema.

- **Usuario.** Este actor representa a cualquier persona que interactúe con nuestra aplicación, no tendrá ningún tipo de limitación y podrá desarrollar todas y cada una de las funcionalidades de la aplicación sin excepción.
- **Sistema.** Representa el dispositivo sobre el que se ejecuta nuestra aplicación.

### 5.2.3. Diagrama de Casos de Uso

Aquí se representan los distintos diagramas de casos de uso ordenados por categorías. Se han descartado algunos de ellos como 'visualizar los planetas' o 'ver las constelaciones' ya que la acción es únicamente ver, no engloba ningún comportamiento del sistema.

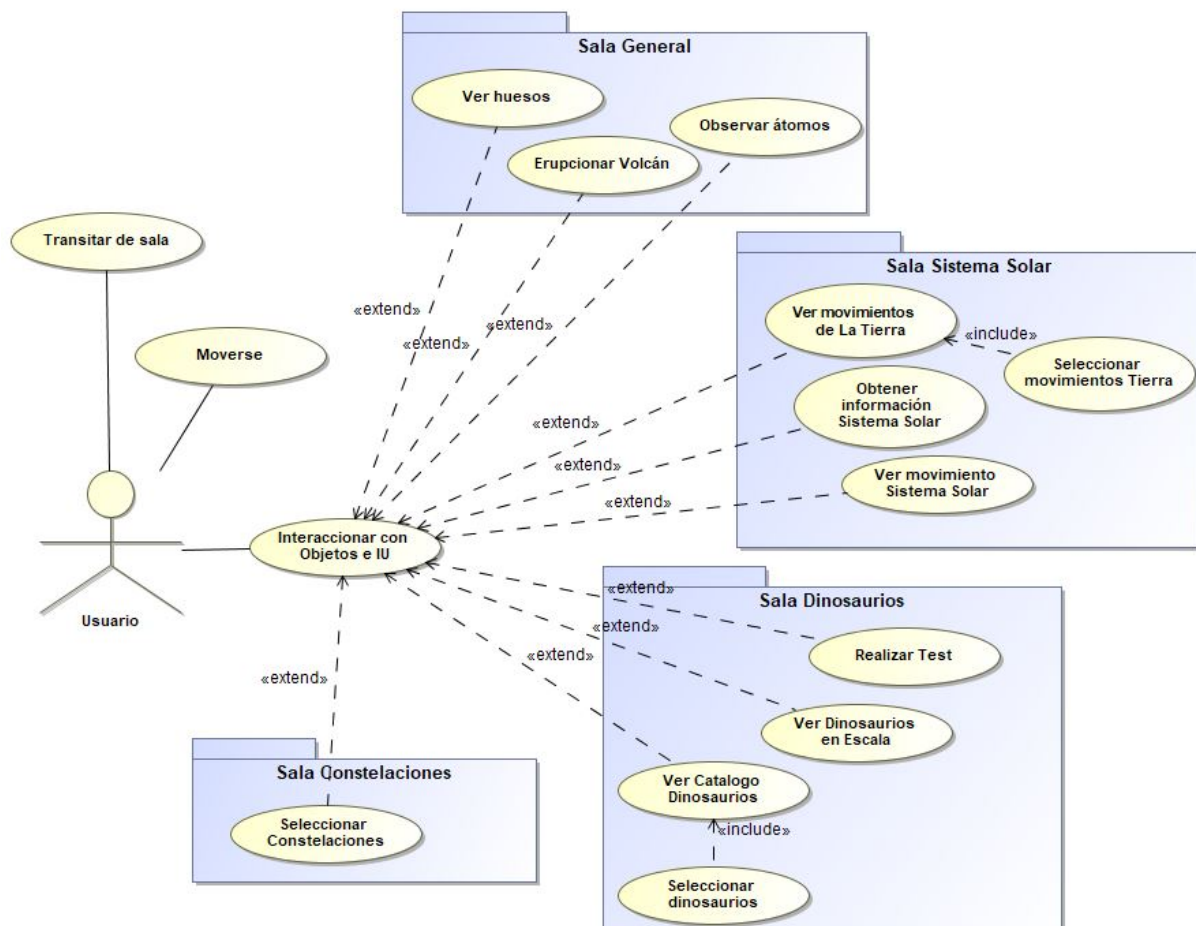


Figura 5.1: Diagrama de casos de usos de la aplicación

El sistema tendrá el comportamiento de controlar las distintas acciones del usuario de una forma concurrente aprovechando el máximo de recursos del dispositivo. Es por ello, que cuenta con la acción de planificar las tareas. Esta acción controla como el usuario no puede interactuar con más de un objeto o interfaz gráfica a la vez sin cerrar la anterior.

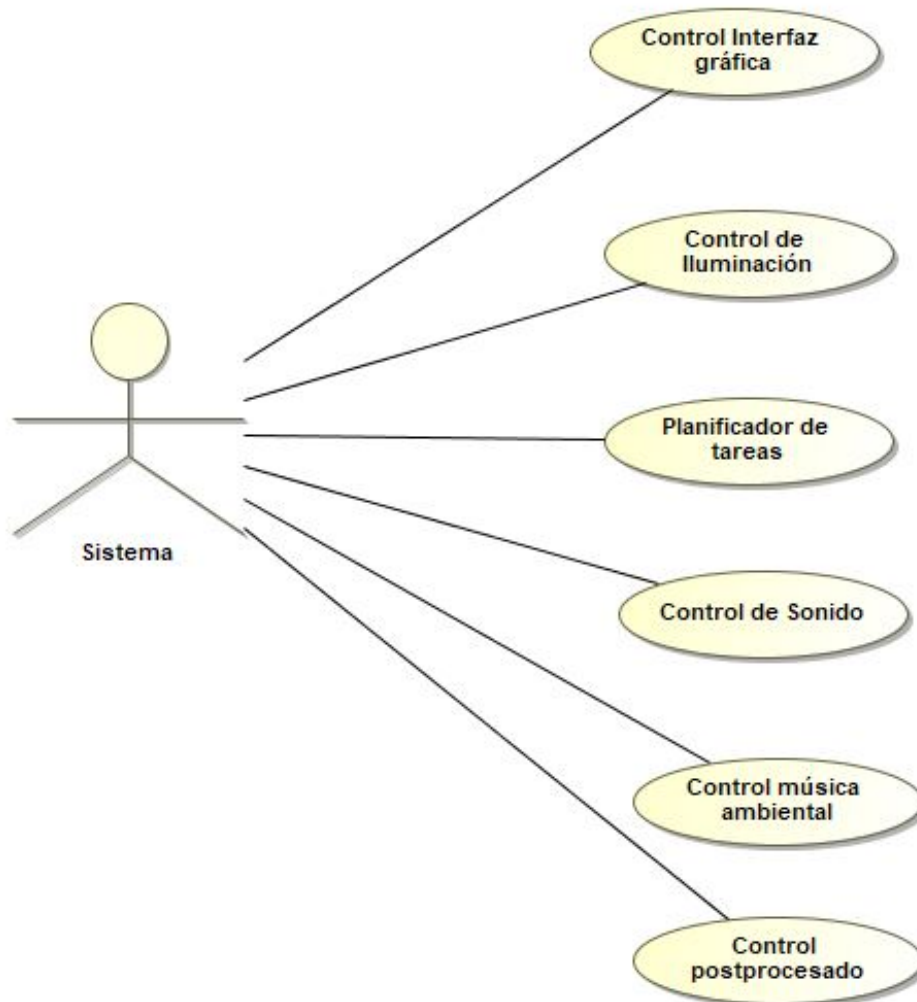


Figura 5.2: Diagrama de casos de usos del Sistema

### 5.3. Diseño del sistema

#### 5.3.1. Descripción de los casos de uso

En este apartado se va a definir cada uno de los casos de uso que se han mencionado anteriormente. Se han utilizado unas tablas que reflejan las características de cada uno de ellos. Primero empezaremos por los más básicos, posteriormente, los más específicos y por último el control concurrente del sistema.

CASO DE USO 1	
<b>Nombre</b>	Interactuar con objetos e IU.
<b>ID</b>	CU1.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	Interacción entre el actor y los objetos y/o elementos de la interfaz gráfica.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto o interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor mira hacia el objeto interactivo durante unos segundos.</li> <li>2. El objeto interactivo se acerca hacia el actor junto con su interfaz gráfica.</li> <li>3. El objeto se posiciona en frente del actor, quitándole la posibilidad de moverse.</li> </ol>
<b>Escenario Principal 2</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor mira hacia un botón de la interfaz gráfica durante unos segundos.</li> <li>2. El botón se acciona con su respectivo comportamiento y sonido.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RG3, RG4, RG14.

CASO DE USO 2	
<b>Nombre</b>	Moverse.
<b>ID</b>	CU2.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor se mueve hacia el frente por el escenario.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto o interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor mira hacia el suelo.</li> <li>2. El actor se mueve hacia delante, ya que el ángulo entre el suelo y la mirada del usuario es menor a 55°.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. El ángulo entre el suelo y la mirada del actor es mayor de 55°, el actor no se mueve.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG5, RG14.

**CASO DE USO 3**

<b>Nombre</b>	Transitar entre salas.
<b>ID</b>	CU3.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor podrá ir de una sala a otra.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto o interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor debe seleccionar que puerta quiere cruzar.</li> <li>2. Buscará un panel negro al lado de dicha puerta.</li> <li>3. Interactuará con él a través de la vista.</li> <li>4. Le dirá que 'sí' le gustaría ir a dicha sala.</li> <li>5. El actor se mueve hacia dicha sala.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. El actor dirá que 'no' le gustaría ir a dicha sala.</li> <li>7. El actor se queda en la misma sala donde estaba.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG8, RG14.

**CASO DE USO 4**

<b>Nombre</b>	Ver huesos.
<b>ID</b>	CU4.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor podrá interactuar con el esqueleto humano para poder ver los huesos del mismo.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto o interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor interactuará fijando la mirada en el esqueleto durante unos segundos.</li> <li>2. El esqueleto se acerca hacia al actor junto con su interfaz gráfica hasta posicionarse delante suya.</li> <li>3. El actor dirá que 'sí' a ver los huesos.</li> <li>4. El actor, a través de su mirada puede ver los distintos huesos del esqueleto con su nombre.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. El actor dirá que 'no' a ver los huesos.</li> <li>6. El objeto vuelve a su sitio junto con su interfaz gráfica.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RG3, RG14, RSG1.

CASO DE USO 5	
<b>Nombre</b>	Observar átomos.
<b>ID</b>	CU5.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor al mirar los elementos de la tabla periódica podrá observar dichos átomos.
<b>Precondición</b>	-
<b>Escenario Principal 1</b>	1. El actor mira hacia un elemento periódico. 2. El átomo de dicho elemento aparece en 3D.
<b>Escenario Alternativo</b>	3. El actor mira otro elemento distinto tras este. 4. El átomo que había aparecido desaparece y aparece el átomo del nuevo elemento.
<b>Requisitos Asociados</b>	RG3, RSG3

CASO DE USO 6	
<b>Nombre</b>	Erupcionar Volcán
<b>ID</b>	CU6.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	Al fijar el actor su mirada sobre la bola brillante al lado del volcán accionará su erupción.
<b>Precondición</b>	-
<b>Escenario Principal 1</b>	1. El actor fija su mirada sobre la bola durante unos segundos. 2. La bola que estaba de color verde, pasa a roja y se produce la erupción del volcán. 3. Tras acabar la erupción del volcán la bola pasa de nuevo a color verde.
<b>Escenario Alternativo</b>	4. La bola está de color rojo y hasta que no se vuelva verde no se volverá accionar la erupción del volcán.
<b>Requisitos Asociados</b>	RG3, RSG2.

**CASO DE USO 7**

<b>Nombre</b>	Ver movimientos de la Tierra
<b>ID</b>	CU7.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor interactúa con el Globo Terráqueo a través de la vista y este se acerca hacia él junto con su interfaz gráfica.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto o interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada sobre el globo terráqueo durante unos segundos.</li> <li>2. El globo terráqueo se acerca hacia el usuario junto con su interfaz, hasta posicionarse delante suya.</li> <li>3. El actor indica que 'sí' a ver los movimientos de la Tierra.</li> <li>4. Se abre una interfaz que contiene a la izquierda el movimiento de traslación y rotación y a la derecha la información sobre ellos.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. El actor indica que 'no' le gustaría ver los movimientos.</li> <li>6. Se cierra la interfaz y el globo terráqueo vuelve a su posición.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RG3, RG14, RSS3.

**CASO DE USO 8**

<b>Nombre</b>	Seleccionar movimientos de la Tierra.
<b>ID</b>	CU8.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor selecciona qué movimiento de la Tierra quiere ver a través de la vista.
<b>Precondición</b>	El actor debe haber realizado el caso de uso "Ver movimientos de la Tierra" (CU7).
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada sobre uno de los botones de movimiento durante unos segundos.</li> <li>2. El botón se activa, el movimiento de la Tierra y el Sol cambia, y la información de la derecha también.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Se activa el mismo movimiento que ya estaba no ocurre nada.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RSS5.

CASO DE USO 9	
<b>Nombre</b>	Obtener información del Sistema Solar.
<b>ID</b>	CU9.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor fija su mirada en los elementos del Sistema Solar que se encuentra por la sala y aparece un globo de información sobre cada uno de ellos.
<b>Precondición</b>	-
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada sobre uno de los elementos del Sistema Solar durante unos segundos.</li> <li>2. Aparece un globo de información en la pantalla sobre dicho elemento en concreto.</li> <li>3. Cuando no mire hacia ningún elemento el globo desaparece.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	4. Si mira a otro elemento con el globo de información abierto, este se actualiza con la información del nuevo elemento.
<b>Requisitos Asociados</b>	RG3, RSS2.

CASO DE USO 10	
<b>Nombre</b>	Ver movimiento del Sistema Solar.
<b>ID</b>	CU10.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor interactúa con el botón que acciona el movimiento del Sistema Solar.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto o interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada en el botón durante unos segundos.</li> <li>2. El botón se activa, moviendo al usuario hacia el cielo, quitando de la escena toda la sala y dejando únicamente los planetas que los pone en movimiento respectivamente.</li> <li>3. El actor puede ver todo el Sistema Solar en movimiento.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. El actor cancela el movimiento.</li> <li>5. Todo vuelve a su posición inicial y hasta pasados unos segundos no puede volver a activarse dicho botón.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RG14, RSS4.

**CASO DE USO 11**

<b>Nombre</b>	Seleccionar Constelaciones.
<b>ID</b>	CU11.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor selecciona qué constelación querría ver.
<b>Precondición</b>	-
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada sobre el botón de la constelación que quiera ver durante unos segundos.</li> <li>2. Se activa el botón, la constelación cambia y la información sobre ella se actualiza.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Se activa el mismo botón que ya estaba y no ocurre nada.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RC3.

**CASO DE USO 12**

<b>Nombre</b>	Ver catálogo Dinosaurios.
<b>ID</b>	CU12.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor interactúa con el dinosaurio de la vitrina, permitiéndole ver dinosaurios en 3D girando, con su información y seleccionando qué dinosaurio desea ver.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto ni interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada sobre el dinosaurio de la vitrina durante unos segundos.</li> <li>2. El dinosaurio se acerca hacia el actor junto con su interfaz gráfica, hasta posicionarse delante suya.</li> <li>3. El actor indica que 'sí' a ver dinosaurios en 3D.</li> <li>4. Se abre una interfaz gráfica que contiene a la izquierda los distintos dinosaurios a escoger, a la derecha la información de cada uno y en frente dicho dinosaurio en 3D girando.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. El actor indica que 'no' le gustaría ver dinosaurios en 3D.</li> <li>6. La interfaz gráfica y el dinosaurio vuelven a su posición inicial.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RG3, RG14, RD2, RD3.

CASO DE USO 13	
<b>Nombre</b>	Seleccionar Dinosaurios
<b>ID</b>	CU13.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor selecciona qué dinosaurio le gustaría ver a través de la vista.
<b>Precondición</b>	El actor debe haber realizado el caso de uso “Ver catálogo Dinosaurios” (CU12).
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada sobre uno de los botones que representan a cada dinosaurio.</li> <li>2. El botón se activa, el dinosaurio en 3D cambia al nuevo, y la información se actualiza.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. El actor selecciona el dinosaurio que ya se estaba mostrando y vuelve a salir desde su rotación inicial.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RD3.

CASO DE USO 14	
<b>Nombre</b>	Ver Dinosaurios en Escala.
<b>ID</b>	CU14.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor interactúa con el dinosaurio de la vitrina, permitiéndole ver todos los dinosaurios en escala.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto ni interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada sobre el dinosaurio durante unos segundos.</li> <li>2. El dinosaurio se acerca hacia el actor junto con su interfaz gráfica, hasta posicionarse delante suya.</li> <li>3. El actor indica que 'sí' le gustaría ver los dinosaurios a escala.</li> <li>4. Aparecen todos los dinosaurios en una animación en línea. Se muestra cada uno de ellos a proporción y se con la escala humana.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. El actor indica que 'no' le gustaría ver los dinosaurios a escala.</li> <li>6. El dinosaurio y su interfaz gráfica vuelven a su posición inicial.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG3, RG14, RD4.

CASO DE USO 15	
<b>Nombre</b>	Realizar Test
<b>ID</b>	CU15.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Descripción</b>	El actor interactúa con el test de la vitrina, y comienza el test con preguntas tipo test relacionadas con dinosaurios, apareciendo éstos en 3D en cada una de las opciones.
<b>Precondición</b>	No debe haber ningún objeto ni interfaz gráfica en uso.
<b>Escenario Principal 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor fija su mirada sobre el signo de interrogación de la vitrina durante unos segundos.</li> <li>2. El signo se acerca hacia el actor junto con su interfaz gráfica, hasta posicionarse delante suya.</li> <li>3. El actor indica que 'sí' le gustaría realizar el test sobre dinosaurios.</li> <li>4. Aparecen las 5 preguntas del test conforme el actor responde.</li> <li>5. Si acierta al menos 3 de las preguntas, la puerta enorme se abrirá.</li> </ol>
<b>Escenario Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. El actor indica que "no" le gustaría realizar el test sobre dinosaurios.</li> <li>7. El signo de interrogación vuelve a su posición inicial junto a su interfaz gráfica.</li> </ol>
<b>Requisitos Asociados</b>	RG2, RG3, RG14, RD5.

Además de estos casos de uso cuyo actor es el usuario, se van a resumir los siguientes casos cuyo actor es el sistema. Estos casos de uso están muy relacionados entre sí por la forma de su ejecución y no contiene ningún tipo de precondición. Son los siguientes:

- **(RG14) Planificador de Tareas - CU16.** El sistema controlará que la ejecución de las acciones del usuario se realice de forma concurrente, sin que se realicen dos acciones distintas a la vez.
- **(RG7) Control Interfaz Gráfica - CU17.** El sistema se encargará de gestionar el flujo de la interfaz gráfica.
- **(RG10) Control de Iluminación - CU18.** El sistema se encargará de modificar la luz de las escenas en tiempo real.
- **(RG11) Control de Sonido - CU19.** El sistema gestionará el sonido que realizarán los objetos o botones durante el flujo de la aplicación.

- **(RG12) Control música ambiental - CU20.** El sistema se encargará de modificar la música ambiental y llevar su gestión durante el desarrollo de la aplicación en función de cada una de las salas.
- **(RG13) Control postprocesado - CU21.** El sistema controlará los efectos de postprocesado contenidos en la cámara en función de distintos aspectos como interfaz gráficas o rendimiento.

### 5.3.2. Diagrama de comportamiento

A continuación, se muestra el diagrama de comportamiento utilizado, mostrándose los elementos más representativos del sistema. Comentar que, las acciones que puede realizar el usuario en los distintos escenarios, se han añadido como operaciones de cada una de las salas temáticas, ya que la mayoría están relacionadas con distintos objetos interactivos, quedando de esta forma un diagrama más claro.

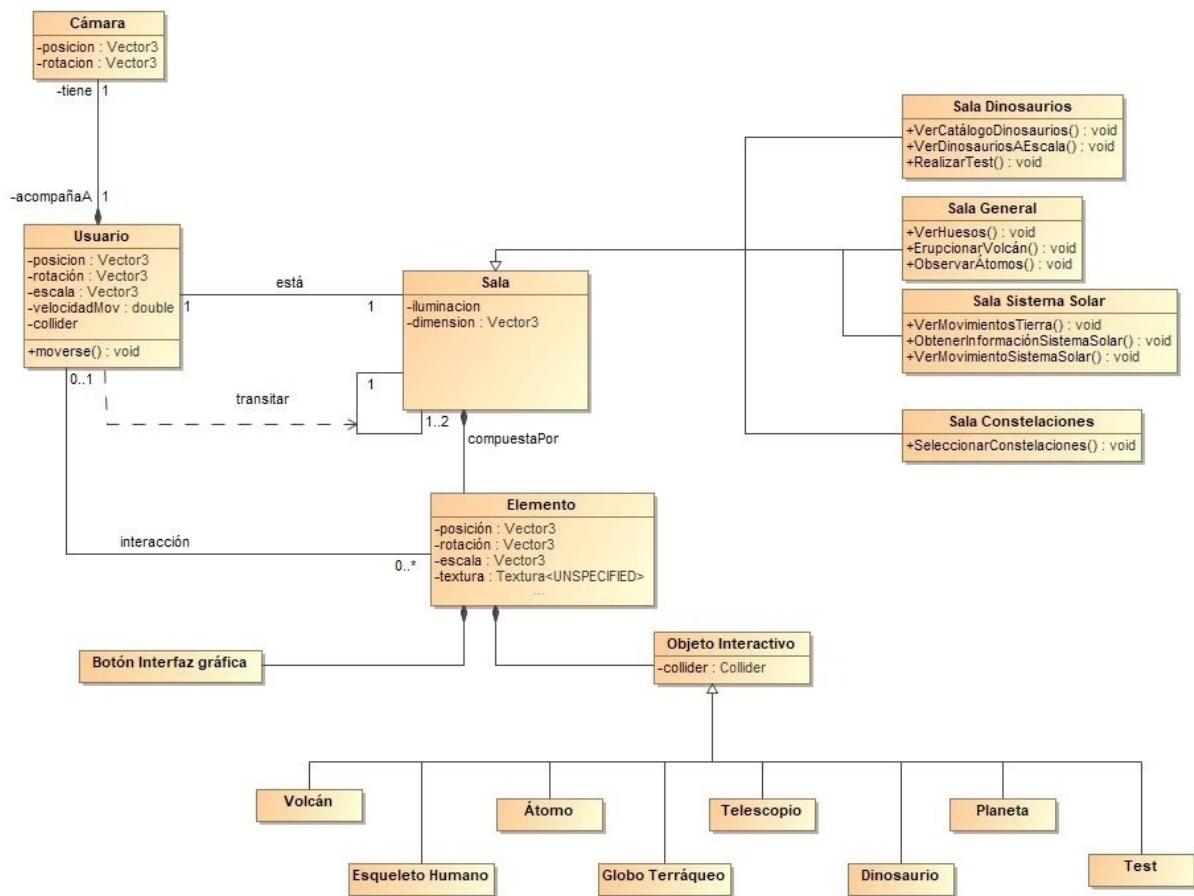


Figura 5.3: Diagrama de comportamiento de la aplicación

5.3.3. Matriz de trazabilidad

R/CU	CU1	CU2	CU3	CU4	CU5	CU6	CU7	CU8	CU9	CU10	CU11	CU12	CU13	CU14	CU15	CU16	CU17	CU18	CU19	CU20	CU21	
RG1																						
RG2	x			x			x															
RG3	x			x			x															
RG4	x																					
RG5		x																				
RG6																						
RG7																	x					
RG8			x																			
RG9																						
RG10																						
RG11																						
RG12																						
RG13																						
RG14	x		x	x			x															x
RSG1				x																		
RSG2																						
RSG3																						
RSS1																						
RSS2																						
RSS3																						
RSS4																						
RSS5																						
RC1																						
RC2																						
RC3																						
RD1																						
RD2																						
RD3																						
RD4																						
RD5																						

Tabla 5.1: Matriz de trazabilidad

Se puede observar cómo los requisitos generales **2, 3 y 14** son los que **más dependencias** crean y debido a esto, es por donde se empezó la implementación. Además, hay requisitos que no se cruzan con ningún caso de uso, dichos requisitos son aquellos como “Vista como entrada”, “Visualización interfaz gráfica” o “Visualización del Sistema Solar” debido a que el caso de uso es tan simple que no se ha creado, ya que, la única acción por parte del usuario es ver.

#### 5.4. Proposición de ideas

Una vez realizado el análisis de requisitos, se han tenido muchas ideas distintas a la hora de desarrollar el proyecto. En concreto, la primera que tuvimos fue la de hacer una sala general que estuviera llena de vitrinas y en cada una de estas vitrinas los usuarios pudiesen interactuar con ellas para ver los movimientos de la Tierra, las constelaciones, los dinosaurios en 3D, y así se hizo, se comenzó el desarrollo de la aplicación de esta forma.

Pero una vez que se empezó la implementación, **se acabó descartando esta idea inicial** porque se creyó que no era la idónea, ya que, aunque el usuario pudiese ver los planetas o los dinosaurios en 3D a través de las vitrinas, no los podía ver de forma natural. Debido a esto, se creyó que hacer salas temáticas donde estos elementos estuviesen de forma natural y el usuario pudiese interactuar y moverse alrededor de ellos, sería una mejor idea para sacarle mayor partido a la Realidad Virtual.

De aquí surgió la idea de las **salas temáticas** que ha definido nuestro proyecto, y la única forma que el usuario podría utilizar para interactuar en ellas sería la vista, ya que no todos los usuarios tienen un mando que pueden conectar por Bluetooth a los móviles.

#### 5.5. Flujo de escenas

Este proyecto cuenta con **cuatro salas temáticas**. A continuación, se van a analizar cada una de ellas, pero antes comentar que en cada una de las salas sólo se permite el movimiento cuando cerremos el globo de información, tras esto podremos movernos por las salas con total libertad.

- **Sala general:** Esta sala es la única que no está definida con una temática como tal, ya que su finalidad es la enlace entre salas. Aún así cuenta con distintos medios de interacción en ella: se puede interactuar con un esqueleto para observar todos los huesos del cuerpo humano; con los elementos de la tabla periódica para poder ver sus protones y electrones en órbita e incluso se puede ver en directo la erupción de un volcán. Como se ha comentado anteriormente, a través de esta sala se podrá acceder a las siguientes, cuenta con dos

puertas en los laterales, una nos llevará hacia la sala del universo y otra hacia la sala de los dinosaurios.

- **Sala Universo:** Esta sala como su nombre indica, tiene como temática el universo. En ella se podrá encontrar todo el sistema solar a escala de forma que podremos andar cerca de cada planeta, y si mantenemos la vista fijada en cada uno de ellos, podremos ver su información. Además, se podrán ver los distintos movimientos de rotación y traslación que tiene la Tierra, todo el movimiento del sistema solar a escala y acceder a la sala de las constelaciones.
- **Sala Dinosaurios:** En esta sala se podrá visualizar los dinosaurios en un hábitat parecido al que solían poblar, están animados y seremos capaces de interactuar con ellos. Además, se encontrarán 3 vitrinas cada una de ellas con una finalidad distinta: en una primera vitrina se podrán ver dinosaurios distintos en 3D, a la derecha, en función del dinosaurio que se esté viendo nos saldrá una información particular de él, esta información siempre saca las mayores características que éstos pueden tener; la segunda vitrina trata sobre la escala de los dinosaurios, permitirá ver a todos los dinosaurios a la vez en escala y comparados con el tamaño de la figura humana y por último, la tercera vitrina será un test, un pequeño minijuego”, que medirá si se ha entendido las dos anteriores vitrinas, para ello nos harán preguntas referidas a la información que se nos ha dado.

Este test contiene 5 preguntas, si has sido capaz de al menos acertar 3 de ellas, una puerta gigante que se encuentra en la sala se abrirá, pasando a poder ver al T-Rex en su hábitat natural. Este test se ha incluido porque creemos que es posible que los estudiantes, a la par que estudian y se informan también se diviertan con este “minijuego” de una forma más interactiva.

- **Sala Constelaciones:** En esta sala se podrá ver todas las constelaciones en 3D, exponiéndose a la derecha toda la información de cada una de ellas y por qué son características. Además, a la izquierda se tendrá un panel que permitirá cambiar de constelación simplemente interactuando con la vista. Añadir que en esta sala no se puede mover el usuario, únicamente observar las constelaciones.

## 5.6. Diseño de escenarios

### 5.6.1. Introducción

El diseño fue uno de los elementos que más **ha limitado el desarrollo** de la aplicación. Debido a que apenas se tenía conocimiento sobre él, por lo que varios de los elementos que se han utilizado eran descargados del *Asset Store*. Continuamente se ha **adaptado el proyecto a**

**las posibilidades** que se tenían.

Casos como el diseño del cuerpo humano se habría realizado de distinta forma, destacando también los músculos si se hubiera tenido un diseño idóneo, pero no ha sido posible ya que no se ha encontrado en internet ningún cuerpo humano en 3D con estas características. Además de este caso, han ocurrido muchos más casos similares, que han limitado el desarrollo.

Destacar también que al descargar elementos del *Asset Store* hay algunos que han sido gratuitos pero hay otros que no, como los dinosaurios, el volcán o el telescopio. En estos casos, se ha tenido que comprarlos porque sino era imposible desarrollar nuestro proyecto sin estos elementos principales.

### 5.6.2. Elección del Diseño

La temática del diseño general fue un **estilo de Ciencia Ficción**, simulando salas futuristas o que no encajasen en lo cotidiano, de esta forma se llamaría más la atención del usuario. Se escogió elementos simples y que ayudasen a cumplir la finalidad del proyecto, también colores llamativos pero que inspirasen tranquilidad, por ello predomina el **azul combinado con el gris**.

Aunque la temática para todas las salas estaba inspirada en este estilo futurista, fue adaptado en función de la sala en la que se encontrase.

- **Sala General:** En esta sala se quiso que los elementos de diseño fuesen mucho **más luminosos** que el resto, dando el aspecto de temática de Ciencia Ficción que se buscaba. Se realizó un diseño de una sala cerrada y cuya dimensión fuese pequeña para que únicamente se pudiese interactuar con algunos elementos y servir de enlace con las otras salas. Además, se añadieron algunos focos de luz a cada uno de los elementos con los que se podía interactuar para llamar más la atención de ellos en una sala con tanta luz.

Se situó los elementos con los que se podía interactuar en frente del usuario nada más aparecer, para que el usuario los viese más fácilmente, y se posicionaron las puertas a los laterales junto con imágenes intuitivas arriba de ellas.

Hay elementos realizados a mano, como los átomos de los elementos de la tabla periódica.

- **Sala Dinosaurios:** En esta sala, el diseño **se integró con el ambiente de selva** para crear un hábitat común de dinosaurios. Para ello, se mantuvieron las paredes, pero no el suelo, ya que a través de él simulamos tierra, distintos matorrales, rocas e incluso palmeras que daban esta sensación de selva. Además se quitó el techo para darle un espacio más amplio. Comentar también, que para darle al estilo futurista un aspecto más salvaje se añadió algunos cristales rotos tanto superiores como inferiores, como si la causa fuesen los dinosaurios.

Tras esto, se comenzó a insertar los dinosaurios de la forma más coherente posible, los pterodáctilos, como son voladores encima de las palmeras o de la sala, los dinosaurios herbívoros cerca de plantas como si estuviesen comiendo, y casos como el del Brontosaurio, que es el dinosaurio más grande de todos simulando que su cuello se salía de la sala debido a su altura. Esta era la única forma de hacer que apareciese en la sala y fuese congruente con la escala de la misma.

Posteriormente, se posicionaron las vitrinas donde se encontraban los objetos con los que se interactúan en la sala. Estas posiciones están pensadas para que sean fácilmente identificables por el usuario.

En uno de los laterales fácilmente visible por el usuario se añadió una puerta enorme, con dibujos de garras y luces rojas que llamasen la atención y curiosidad del usuario, y de esta forma, tuviese intención de resolver el “minijuego” para poder acceder.

Y por último, al usuario en una posición inicial desde donde pudiese observar toda la sala.

- **Sala Sistema Solar:** Esta sala se centró en los planetas, por eso son los elementos que más destacan. Se utilizó un diseño futurista muy parecido al de la sala general, pero con una **iluminación mucho más tenue** ayudando a que los planetas se vieran por sí solos y que se pudiera observar que gran parte de la luz que recibían viniese del sol. Otro de los criterios por los que se utilizó esta luz general tan tenue es por la imagen de fondo que hemos puesto. Se ha escogido una imagen donde se pueden observar las estrellas si miramos hacia arriba o por las ventanas, si se tuviese una iluminación demasiado brillante estas no destacarían apenas.

El posicionamiento de los planetas está hecho a escala y con la posición que ocupan en el Sistema Solar de mayor a menor lejanía, se busca que el usuario pudiese moverse alrededor de estos planetas para poder verlos e interactuar con cada uno de ellos, y una vez observado cada uno de ellos al final de la sala poder ver el Sistema solar en movimiento.

Además de esto, se colocó a la izquierda de la posición inicial del usuario el telescopio para acceder a las constelaciones, y a la derecha la vitrina que permitiría poder ver los movimientos de la Tierra.

Posteriormente, se situó al usuario en una posición inicial, donde pudiese observar la sala y los objetos con los que podría interactuar.

- **Sala Constelaciones:** En esta sala, aparte del diseño de la interfaz gráfica, sólo existe el diseño que se ha realizado para las constelaciones. Estas se han hecho a mano una a una. Para ello, se han utilizado cilindros, esferas y puntos de luz que reflejan el diseño de una estrella, además de algunos materiales adicionales que ayudan a este diseño.

### 5.6.3. Otras consideraciones

- Para la interfaz gráfica utilizada en todas las salas, se escogió un diseño que encajará con nuestra idea de ciencia ficción y los colores generales que estábamos utilizando. Es por que ello, que se decidió a utilizar un color azul oscuro que destacaría sobre el resto de colores y permitiendo que sobre este fondo las letras blancas fuesen fácilmente legibles.
- Para facilitar una navegación intuitiva se ha añadido una flecha azul encima de cada uno de los objetos interactivos de todas las salas, con su respectiva animación.
- Para el diseño del 'Gaze', que es el círculo que se rellena si se mira hacia una interfaz gráfica, se eligió el color blanco porque era de la forma que más destacaría en nuestro proyecto, y se haría más intuitivo para el usuario.



## Desarrollo, implementación y pruebas

### 6.1. Interacción

Se pueden destacar dos formas distintas de interacción en este proyecto. La primera de ellas tiene lugar a través del “GAZE”. Este es un círculo en el centro de la pantalla, el cual se llena si estamos mirando hacia una interfaz gráfica y cuya finalidad es **activar distintos botones** de esta **interfaz gráfica**. A través de esta forma de interacción se consigue que el usuario pueda continuar los globos de texto, o en casos como el catálogo de dinosaurios o constelaciones poder seleccionar el dinosaurio o constelación que él quiera. Tan sólo tendrá que mantener su mirada dentro del contorno del botón y esperar a que el círculo se rellene completamente.

La segunda forma de interacción sería aquella en la que el usuario **interactúa con los objetos**. Para ello, en el centro de la pantalla hay un punto rojo que si se mantiene durante un periodo corto de tiempo dentro de la silueta del objeto se producirá dicha interacción. Con esto se interactúa con objetos como el globo terráqueo o los planetas.

Estas dos formas de interacción no son muy intuitivas para personas que no han tenido experiencias con Realidad Virtual anteriormente, es por ello que al inicio de la aplicación se **informa al usuario de cómo utilizar estos métodos**.

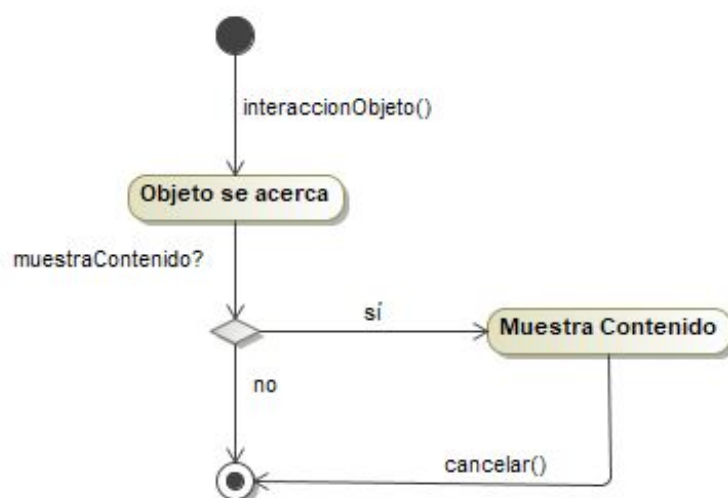


Figura 6.1: Diagrama de actividad sobre la interacción con objetos

En la Figura 6.1, se añade un pequeño diagrama de actividad para comprender el esquema general a seguir cada vez que se interactúa con un objeto. En él se muestra cómo el usuario interacciona con un objeto, este se acerca hacia el junto con su interfaz gráfica, y le pregunta al usuario si le gustaría ver el contenido. El usuario responde 'sí' o 'no'. Si responde no, ahí acabaría la interacción y si respondió 'sí', la interacción acabaría cuando el usuario lo cancela.

## 6.2. Implementación del proyecto

Una vez se ha realizado el diseño de nuestra aplicación, debemos modelar los comportamientos de los elementos que lo componen. Se han realizado más de 30 Scripts. Algunos de ellos serán reutilizables y se han encapsulado para tener un código más limpio. A continuación, se va a explicar cómo se ha hecho la implementación de algunos de los algoritmos utilizados en el proyecto.

- **Usuario o Player:** Este elemento lleva consigo dos scripts, uno de ellos es el que le permite el **movimiento**. Éste está implementado de forma que traslade al jugador hacia delante cuando mira hacia el suelo y el ángulo formado entre sus pies y la posición a donde mire sea menor que un ángulo dado. El grado del ángulo que se escogió fue de 55°, si el ángulo que se forma es menor, entonces se producirá el movimiento.

Esto es posible hacerlo gracias a que Unity tiene un elemento llamado "Raycast" que se puede asemejar a un rayo láser, al cual se le indica una posición, una dirección y da toda la información sobre dónde impactaría y con qué.

- **Cámara principal:** La cámara, que emite las imágenes que ve nuestro usuario o player, va asociada a él pero contiene otros scripts que le dan su propio comportamiento. En concreto, a partir de la cámara se encuentran varios scripts de postprocesado a tiempo real que editan la imagen que ve el usuario, pero además de esto cuenta con uno de los comportamientos necesarios para el proyecto.

La cámara contiene un script que permite la interacción con cada uno de los objetos interactivos de las salas. Esto se ha implementado con ayuda del raycast de nuevo, en este caso en función del objeto con el que impacta el raycast durante unos segundos, tiene lugar un comportamiento distinto. Este script se ha programado de manera distinta para cada sala, ya que los objetos con los que se interactúa son distintos y los comportamientos de cada uno también.

- **Objetos interactivos:** Uno de los grandes desafíos que se ha afrontado respecto a la implementación, ha sido cómo realizar la programación de los objetos interactivos. El usuario puede interactuar con ellos desde cualquier posición, únicamente mirándoles. Pero al tratarse de tres dimensiones, tanto el objeto como el *canvas* (interfaz gráfica que va con el objeto) deben posicionarse en frente del usuario para que pueda verlo correctamente,

es por ello que debe ser rotado constantemente. Esto, que a simple vista puede parecer fácil no lo es.

Además, se ha tenido en cuenta que también el usuario puede observar estos objetos desde una posición muy cercana, lo que provoca que el *canvas* interfiera con las vitrinas. Se ha solucionado quitando las vitrinas en estos casos. Por otro lado, se ha modelado para que el usuario no pueda moverse (sí la vista pero no de posición) mientras que están en uso dichos objetos, y se quiten efectos de postprocesado para que fluya la aplicación correctamente. Una vez se cancela el objeto y vuelve dicho objeto a las vitrinas, se activaría el movimiento y los efectos de postprocesado.

- **Otros comportamientos:** Otros comportamientos a destacar entre los realizados, serían algunos como la creación de scripts para dibujar elipses en tiempo real, que permiten crear las órbitas de los planetas y de los electrones. O el script que permite que un objeto rote sobre sí mismo y otros alrededor suya a la misma velocidad, de esta forma se consigue que el sol gire y también giren todos los planetas, o que el protón de un átomo gire y con él también lo hagan todos los electrones de su alrededor.

Para realizar la implementación del proyecto hemos utilizado **dos paquetes o librerías externos de Unity**.

El primero de ellos es DOTWEEN, un paquete que **realiza la animación** (movimiento, rotación, escala, ...) de los elementos en un cierto periodo de tiempo. Para utilizarlo se ha importado a nuestros scripts, y ejecutado las sentencias en las que estábamos interesados. De esta forma, movimientos como los que hacen los objetos interactivos al acercarse al usuario se ven mucho más fluidos. Además, este paquete se ha usado para que el texto del primer diálogo de la aplicación apareciese letra por letra. Sin embargo, este paquete consume bastante recursos del sistema, que en ciertos casos son muy escasos y valiosos, que se ha tenido un control exhausto sobre él.

El segundo de ellos es el paquete que se ha utilizado para realizar el *Gaze*. El *Gaze*, como hemos comentado anteriormente, es el círculo que se encuentra en el centro de nuestra vista, y que realiza la interacción con la interfaz gráfica.

### 6.3. Sonido

El sonido se ha obtenido de distintas páginas de internet añadidas en la bibliografía. Se han intentado coger los **más adecuados para cada una de nuestras escenas**. Para mantener una **consistencia** siempre se utilizan los mismos sonidos para cada uno de los botones de la interfaz gráfica (sí, no, cancelar, ...) indiferentemente de la sala.

Se han utilizado distintos **sonidos ambientales para cada sala**. En la sala general un sonido leve, que integre al usuario en la Realidad Virtual de una forma tenue; para la sala de las constelaciones y el Sistema Solar algo más intenso para que se produzca una mayor inmersión al igual que con la sala de dinosaurios donde hemos utilizado un sonido ambiental de una jungla o selva.

Además de esto, hay objetos que cuentan con su propio sonido como el volcán al erupcionar o los dinosaurios al rugir.

## 6.4. Pruebas

Para comprobar que la aplicación cumplía todos los requisitos iniciales, se han realizado diferentes tipos de pruebas. Vamos a ver cada una de ellas a continuación.

### 6.4.1. Pruebas funcionales

Se han realizado distintos tipos de pruebas funcionales, las más utilizadas han sido **pruebas unitarias**. Estas se han realizado cada vez que se ha hecho un cambio o modificación en el comportamiento de cualquier objeto. Comprobando que la funcionalidad de dicho cambio se realiza con éxito. En un principio, se ha comprobado directamente a través de Unity, ya que proporciona la opción de ejecutarlo de la misma forma en la que se vería en el dispositivo, y posteriormente se ha comprobado en el dispositivo.

Por otro lado, se ha realizado **pruebas de integración**, una vez que acabábamos de modelar todo el comportamiento de un objeto se comprobaba que todo el funcionamiento global del mismo era correcto.

Estos dos tipos de pruebas se han realizado constantemente mientras que implementábamos nuestro sistema.

### 6.4.2. Pruebas no funcionales

Dentro de las pruebas no funcionales se han realizado distintos tipos: pruebas de compatibilidad, usabilidad, rendimiento y instalabilidad.

Las **pruebas de compatibilidad** se han realizado comprobando que nuestro sistema funciona en diferentes entornos, para ello se ha llevado la aplicación a dispositivos con versiones de Android distintas.

Las **pruebas de usabilidad** se han realizado con el uso de la aplicación por distintos usuarios, entre ellos siempre se ha intentado buscar usuarios que no estén acostumbrados a experien-

cias con Realidad Virtual. De esta forma se ha mejorado la navegación intuitiva de una forma más óptima para todos los usuarios.

Las **pruebas de rendimiento** son el tipo de pruebas donde más hincapié se ha hecho. El rendimiento era uno de las características que más preocupaban, debido a que podía ocurrir una mala gestión de recursos de la aplicación. Recordad además, que esta aplicación va enfocada a cualquier estudiante y se debe entender que la gama de móvil que puede tener no sea muy alta. Por lo que, se ha necesitado tener móviles de gama media y media-alta, para observar así el rendimiento de la aplicación en móviles con menos recursos. Dicho esto, se ha adaptado a los resultados obtenidos en ellas: se ha quitado efecto de postprocesado que requerían de muchos recursos, animaciones, reducido el número de dinosaurios o cambiado la calidad de algunas texturas de distintos objetos entre otras decisiones.

Por último, las **pruebas de instalabilidad** se han realizado para comprobar que no surge ningún error al instalar nuestra aplicación en distintos dispositivos.



CAPÍTULO 7

## Conclusiones, limitaciones y líneas futuras

### 7.1. Conclusiones finales

Este apartado se ha centrado en comentar las conclusiones que se derivan de la realización de este proyecto.

Comentar que la utilización de la aplicación como una herramienta didáctica más que permita a los estudiantes aprender a la par que divertirse, es todo **un éxito**, mejorando la motivación y participación en la educación. Aunque, esto aún conlleva **aspectos negativos** como resultado de la Realidad Virtual con los que habría que lidiar. Como el cansancio de vista o mareo, que provocan que no sea adecuada para todo el mundo. A partir de este gran éxito se concluye **que existen infinidad de proyectos que podrían triunfar con fines educativos**, no sólo orientado a las ciencias, sino a distintos aspectos de la educación.

Para un correcto uso de la aplicación, es **fundamental guiar e informar al usuario** continuamente. Sobre todo con aspectos como la interacción utilizando la vista, que le puede resultar compleja al comienzo al no tener relación previa con la Realidad Virtual.

Respecto al análisis y desarrollo de la aplicación, ha ralentizado mucho el hecho de usar una tecnología y en un ámbito donde apenas se tenía conocimiento. Además, la indecisión de ideas al inicio de la aplicación fue uno de los puntos más graves durante su desarrollo, ya que se perdió mucho tiempo en ello. Esto es debido a la inexperiencia al inicio.

Como conclusión, cuando escogí realizar este proyecto quería una tecnología que me gustase y en la que poder indagar y profundizar. Es por ello que me decanté por Unity. He conseguido un gran conocimiento general de esta herramienta tan flexible, haciendo posible crear cualquier aplicación en 2D o 3D. Además, yo partía de conocimientos de programación únicamente y alguna noción más en otros ámbitos, pero gracias a este proyecto, he conseguido mejorar mis habilidades en animaciones, diseño gráfico 3D, sonido, creación de escenarios, interfaces gráficas, etc. La cantidad de aspectos que he aprendido es inmensa.

No sólo estoy muy contento con la elección de este TFG, de mi tutor y co-tutora sino también del resultado obtenido.

## 7.2. Limitaciones del proyecto

Este proyecto cuenta con varias limitaciones que se van a ir viendo una a una. Algunas de ellas ya se han descrito anteriormente debido a que están relacionadas con los objetivos transversales del proyecto. Para analizarlas, se va a dividirlos en dos categorías, por un lado las limitaciones que se han tenido personalmente y por otro las limitaciones que tiene el proyecto.

### 7.2.1. Limitaciones personales

- **Diseño:** Esta ha sido una de las limitaciones que personalmente, más nos ha restringido debido a la **poca flexibilidad** en este ámbito. Por tanto, la aplicación se ha adaptado a los diseños que se encontraban en el ASSET STORE fuesen gratuitos o no.
- **Conocimientos:** Una de las grandes limitaciones ha sido **no tener conocimientos previos sobre ciertos aspectos** de Unity, y en ámbitos necesarios para el desarrollo de la aplicación como podrían ser las animaciones, el sonido, selección de colores e incluso, a la hora de seleccionar un escenario cuál sería la colocación idónea de los elementos, su rotación, o su escala. Otros casos como dónde colocar los elementos de interacción para que el usuario los vea fácilmente, o cómo realizar una interfaz gráfica lo más intuitiva posible.

### 7.2.2. Limitaciones generales

- **Recursos del dispositivo:** El uso de los recursos del dispositivos es una de las **grandes limitaciones del proyecto**. Como se ha comentado anteriormente, la Realidad Virtual requiere una gran cantidad de recursos para aplicar distintos mecanismos que provoca la inmersión, esto, junto el flujo de la aplicación hace que los recursos del dispositivo se reduzcan notablemente e incluso gastándolos en su totalidad. Se ha tenido una gestión continua sobre los recursos que tenemos para poder sacar el mayor partido de la Realidad Virtual, a la vez que podemos seguir disfrutando de nuestra aplicación con una fluidez correcta.
- **Aspectos negativos de la Realidad Virtual:** Esta limitación está vinculada a la evolución de la Realidad Virtual. En la actualidad, la **Realidad Virtual sigue contando con aspectos negativos para la salud**. Esto provoca que no todo el mundo se sienta cómodo con la aplicación. Para lidiarlo, la aplicación se organizó en salas temáticas, que permitiesen al usuario visitar las que de verdad le interesarán y así el flujo de la aplicación durase menos tiempo que si tuviese que recorrer toda la aplicación. De esta forma, el cansancio de vista y posibles mareos son muchos menores.
- **Interacción con VR:** Al desarrollarse la aplicación en móviles y sin contar con la posibilidad de que el usuario cuente con un mando con Bluetooth, ya que muy pocos usuarios

lo tienen y queremos que nuestra aplicación pueda ser utilizada por cualquier estudiante, las formas de **interacción se limitan a utilizar la vista únicamente**. Esto provoca que la inmersión que realiza el usuario este limitada y no se consiga tan buenos resultados como si desarrollásemos esta aplicación en otros dispositivos con mandos, cascos o guantes.

### 7.3. Líneas futuras

Desde el punto de vista del futuro de la aplicación se encuentran una **infinidad de posibilidades de mejora**. Tiene un **gran potencial** comercial en el mercado actual, ya que la Realidad Virtual no ha sido aún explotada y puede tener un gran éxito debido al gran beneficio que puede proporcionar a las aulas.

Dentro de las múltiples posibilidades de mejorar la aplicación, se pueden encontrar las siguientes:

- **Salas especializadas:** Una de las posibles mejoras sería la de contar con **mayor número de salas especializada**, dónde cada una de ellas fuese de una temática. Esta sería una mejora muy parecida a lo que ya cuenta la aplicación, donde podríamos añadir una sala temática para el ciclo del agua, otra relacionada con la anatomía humana donde poder ver músculos, huesos, nervios,..., Otra sala relacionada con las rocas, los distintos tipos, de dónde proviene, su formación, ... o incluso una sala temática de química centrándonos en las distintas reacciones, y compuestos moleculares.

Estas salas no se especializarían únicamente en una temática sino también en un nivel de aprendizaje en concreto, para adaptarse así al nivel del usuario y ser más flexibles. Como se ha comentado antes las posibilidades serían infinitas.

Además, si nos alejamos de la idea inicial desarrollada en la aplicación, se podría mejorar de forma que en vez de salas, fuesen edificios y cada uno de estos edificios fuese una asignatura distinta, y en cada planta un nivel de aprendizaje distinto. Todos estos edificios estarían alrededor de una plaza central al aire libre que sería el lugar de enlace.

- **Diseños más adecuados:** A largo plazo, se podrían realizar **diseños muchos más representativos** y acertados, como el caso de elementos moleculares, el movimiento del agua u otros diseños como el del cuerpo humano que no hemos desarrollado en nuestra aplicación. Contando con estos diseños en un futuro las posibilidades de nuestra aplicación aumentarían aún más.
- **Realización de juegos:** En el desarrollo de la aplicación, uno de los aspectos más interesantes de mejorar **sería el uso de mayor número de juegos**. Estos juegos podrían desarrollarse en cada sala e incluso podrían tener una mecánica global de la aplicación que almacenase cuánto sabe cada usuario sobre qué temática, organizada en niveles de

dificultad. De esta forma, se le impondría al usuario una especie de “reto” que le incentivaría a enfrentarse a cada uno de los juegos y salir victorioso de ellos. Y además, éste podría comprobar cuáles son los aspectos educativos que más dificultades tiene.

Además de estas posibles mejoras de la aplicación, los **usos que podría tener en el futuro serían muy diversos**. Los estudiantes podrían usarla en casa en su tiempo libre, podría ser recomendada para reforzar algunas de las carencias en un ámbito educativo e incluso ser incluida dentro del plan educativo de los estudiantes y utilizada en clase. Estas serían algunas de las múltiples posibilidades que podría tener.

CAPÍTULO 8

## Bibliografía y referencias

- ***Beneficios de la realidad virtual en el aula- 7 Marzo 2017 - Universia España***  
<http://noticias.universia.es/ciencia-tecnologia/noticia/2017/03/07/1150198/5-beneficios-usar-realidad-virtual-aula.html>
- ***Navegación Intuitiva - Wikipedia***  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Navegación\\_intuitiva](https://es.wikipedia.org/wiki/Navegación_intuitiva)
- ***Unity - Wikipedia***  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(motor\\_de\\_juego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_juego))
- ***Resumen, Cita y Referencias en tu TFG- 8 Marzo 2017 - Biblioteca UMA***  
<https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/13211>
- ***Realidad Virtual- 8 Marzo 2017 - Wikipedia***  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_virtualTipos\\_de\\_realidad\\_virtual](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtualTipos_de_realidad_virtual)
- ***Definición Realidad Virtual- Real Academia Española***  
<http://dle.rae.es/?id=VH7cofQ>
- ***¿Qué es la realidad virtual?- Mundo Virtual***  
<http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>
- ***¿Cómo evolucionará la Realidad Virtual en 2017?- 2 Septiembre 2016 - Calidad y Tecnología***  
<http://www.calidadytecnologia.com/2016/09/la-realidad-virtual-en-2017.html>
- ***Primer simulador de VR de la historia.- Xataka***  
<https://www.xataka.com/historia-tecnologica/el-primer-simulador-vr-de-la-historia-tenia-forma-de-recreativa-y-se-invento-a-finales-de-los-50>
- ***El diseñador del código de Matrix- El periódico***  
<https://www.elperiodico.com/es/extra/20171025/resuelto-misterios-codigo-matrix-6377571>
- ***Sega VR- Sega Retro***  
[https://segaretro.org/Sega\\_VR](https://segaretro.org/Sega_VR)
- ***Virtual Boy- Wikipedia***  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_Boy](https://es.wikipedia.org/wiki/Virtual_Boy)

- ***HTC Vive Pre Virtual Reality Headset Hands- Mobileyrup***  
<https://mobilesyrup.com/2016/01/12/htc-vive-pre-virtual-reality-headset-hands-on-part-2-the-software-and-experience/>
- ***Realidad Virtual: ¿qué es y qué tipos existen?- tudosisdigital.com***  
<https://www.tudosisdigital.com/noticias/realidad-virtual-que-es-y-que-tipos-existen>
- ***Unity 3D, un motor para gobernarlos a todos- javiginer.com***  
<http://javiginer.com/unity-3d-un-motor-para-gobernarlos-a-todos/>
- ***Descarga sonido- OpenGameArt.org***  
<https://opengameart.org/>
- ***Descarga sonido- noiseforfun***  
<http://www.noiseforfun.com/>
- ***Descarga sonido- 99sounds.org***  
<http://99sounds.org/>
- ***Desarrollo en cascada- Wikipedia***  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_en\\_cascada](https://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_en_cascada)



Figura 8.1: Infograma del Manual de Usuario