

MUSEO INTERACTIVO DEL VIDEOJUEGO

Carlos Martínez Pérez

GRADO EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



TRABAJO DE FIN DE GRADO

Tutor: Guillermo Jiménez Díaz

6 de junio de 2018

Resumen

Este trabajo tiene como principal objetivo desarrollar un prototipo del Museo Interactivo del Videojuego, un espacio web donde los usuarios puedan acceder de diferentes maneras a distintos juegos de recreativas que en el pasado formaron parte de la historia de los videojuegos.

Estos juegos se pueden disfrutar a través de un ordenador, un móvil o desde un nuevo modo de juego que de conecta una pantalla y un móvil para que este último simule las funciones de un mando de videoconsola.

También se ha propuesto como objetivo desarrollar y mostrar tres juegos icónicos de la historia del videojuego reconstruidos desde cero, accesibles desde los tres modos de juego para conseguir un prototipo totalmente funcional y operativo con el que poder probar los resultados antes de añadir más juegos.

Palabras clave

Websockets, museo virtual, videojuego, espacio web, MIV.

Abstract

This work's principal objective is to develop a prototype of the Videogame's Interactive Museum where users can play in multiple forms to the games that were very popular in the history of videogames.

This games can be played using a computer, a mobile phone or accessing by a hall new way that allows people to connect an internet browser connected to the user's mobile phone that simulates a videogame controller.

Also, this project's aim is to develop and show three different iconic games from the history of videogames, all of them builded up from nothing and accesibles in the three mentioned ways to reach a full operating working prototype to try this games before adding new ones.

Key words

Websockets, virtual museum, videogame, web space, IMV.

Índice

Contenido

1	Introducción	11
2	Estado del arte.....	15
2.1	Historia del videojuego	15
2.1.1	Primeros pasos	15
2.1.2	La década de los 8 bits	16
2.1.3	El inicio del 3D	17
2.1.4	La nueva generación	18
2.2	Museos virtuales.....	19
3	Funcionalidad.....	21
3.1	Modos de Juego.....	21
3.1.1	Navegador de escritorio	21
3.1.2	Navegador móvil.....	22
3.1.3	Modo exposición.....	23
3.1.4	Conclusión	26
3.2	Los juegos	27
3.2.1	Space Invaders	27
3.2.2	Pong	29
3.2.3	Tetris	32
3.2.4	Conclusión	35
4	Implementación.....	37
4.1	Sitio web.....	37
4.1.1	Diseño	38
4.1.2	Catálogo a través de un navegador	39

4.1.3	Catálogo del modo exposición.....	40
4.1.4	Organización y nuevos juegos	42
4.2	Websockets.....	44
4.2.1	Conexión.....	45
4.2.2	Desconexión.....	47
4.2.3	Jugar.....	49
4.3	Phaser	51
4.4	Space Invaders.....	51
4.4.1	Escenas.....	52
4.4.2	Entidades.....	54
4.5	Pong.....	57
4.5.1	Escenas.....	57
4.5.2	Entidades.....	59
4.6	Tetris.....	61
4.6.1	Escenas.....	62
4.6.2	Entidades.....	63
5	Evaluaciones de usuario.....	67
5.1	Diseño e interfaz.....	67
5.2	Mando.....	67
5.3	Juegos	69
6	Conclusión y trabajo futuro	71
6.1	Trabajo futuro.....	74
7	Bibliografía	75
8	Tabla de ilustraciones	¡Error! Marcador no definido.

Tabla de ilustraciones

Figura 1: El ordenador usado para reproducir OXO.....	16
Figura 2: Museo Interactivo del Videojuego: versión del navegador de escritorio.....	22
Figura 3: MIV: versión de navegador móvil.....	23
Figura 4: Pantalla de espera del modo exposición.....	24
Figura 5: Pantalla de envío del código del modo exposición.....	24
Figura 6: Mando del modo exposición Figura 7: Mando original de la Nintendo NES.....	25
Figura 8: MIV: Modo exposición una vez conectado.....	25
Figura 9: Space Invaders.....	28
Figura 10: Pong.....	30
Figura 11: Tetris.....	33
Figura 12: Bocetos iniciales del MIV.....	39
Figura 13: MIV en diferentes medidas de pantalla.....	40
Figura 14: Flujo de pantallas en la conexión al modo exposición.....	41
Figura 15: Organización del trabajo en carpetas.....	43
Figura 16: Archivo con la información de los juegos.....	44
Figura 17: Extracto del archivo sockets.js.....	44
Figura 18: Conexión normal frente a conexión con websockets.....	45
Figura 19: Acceso del equipo con la pantalla al modo exposición.....	46
Figura 20: Conexión de un jugador al museo.....	46
Figura 21: Conexión al MIV de un segundo jugador.....	47
Figura 22: Desconexión del equipo con la pantalla.....	47
Figura 23: Desconexión de un usuario con varios conectados.....	48
Figura 24: Desconexión del último usuario conectado.....	48
Figura 25: Expiración del tiempo de espera.....	49

Figura 26: Envío de datos del jugador a la pantalla.....	50
Figura 27: Envío de datos antes y después de entrar a un juego multijugador.....	51
Figura 28: Space Invaders.....	52
Figura 29: Esquema de las escenas de Space Invaders.....	52
Figura 30: Entidades de Space Invaders y sus relaciones.....	54
Figura 31: Pong.....	57
Figura 32: Esquema de las escenas de Pong.....	57
Figura 33: Entidades de Pong y sus relaciones.....	59
Figura 34: Tetris.....	62
Figura 35: Esquema de las escenas de Tetris.....	62
Figura 36: Entidades de Tetris y sus relaciones.....	64
Figura 37: Movimiento de las piezas de Tetris.....	65
Figura 38: Giro de las piezas del Tetris.....	66
Figura 39: Evolución del aspecto del MIV.....	68
Figura 40: Evolución del mando en móvil.....	68

1 Introducción

El mundo de los videojuegos es un sector que, a lo largo de los años, se ha ido expandiendo por todo el mundo hasta límites insospechados, siendo, a día de hoy, una de las industrias que más dinero mueve.

Por ello, este trabajo se centra alrededor de los mejores videojuegos a lo largo de la historia y los engloba en un museo desde el cual se pueden disfrutar, ofreciendo al usuario un espacio interactivo accesible de tres maneras distintas.

El objetivo principal del proyecto es desarrollar el Museo Interactivo del Videojuego (MIV), un sitio web donde alojar los videojuegos más famosos de los orígenes de la industria, incorporando en el futuro nuevos juegos desarrollados en diferentes asignaturas que ofrecen los distintos Grados de Informática y el Grado en Desarrollo de Videojuegos de la Universidad Complutense de Madrid.

Para ello, se va a desarrollar un prototipo inicial del Museo Interactivo del Videojuego con tres juegos disponibles con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del mismo en tres modalidades: navegador de escritorio, navegador móvil y modo exposición, las cuales se detallan más adelante.

Primeramente, en el Capítulo 2 del trabajo, se estudiará el avance del videojuego desde sus orígenes hasta la actualidad, pasando por la creación de las grandes industrias del sector y la competencia que estas desarrollaron entre sí y que todavía perduran. Estas empresas impusieron una nueva forma de entretenimiento en la mayoría de personas, llegando incluso a ser una forma de vida para algunos.

Así mismo, se dará un breve repaso sobre los museos virtuales, los cuales cada vez son más abundantes dado que el visitante se siente atraído por las nuevas tecnologías y la manera que estas tienen de mostrar información relevante a la vez que entretiene y enseña al usuario.

Tras ello, en el Capítulo 3, se pasará a diseñar las diferentes maneras de disfrutar del museo, referentes al navegador de escritorio, navegador móvil y a un nuevo modo, muy poco utilizado debido a la existencia de las consolas y sus mandos analógicos, llamado modo exposición. Este nuevo modo usa el móvil del usuario como mando y otro navegador como pantalla, creando una sensación de mando analógico sin necesidad de una consola ni un mando específico para controlar el juego.

Los juegos escogidos para ser expuestos en este primer prototipo han sido el matamarcianos *Space Invaders*; el primer videojuego multijugador y uno de los primeros juegos del mundo *Pong*; y el mundialmente conocido *Tetris*. En la segunda parte de este capítulo, se hará una introducción de cada juego para posteriormente explicar las mecánicas principales, así como los objetivos y las diferentes maneras de ganar y perder. Tras esto, también se detallan los controles de cada juego adaptados a los distintos modos del museo.

Una vez explicado el funcionamiento e interacción con el jugador, en el Capítulo 4, se dará paso a la implementación del espacio web dedicado al museo, así como a la organización del proyecto para poder añadir nuevos juegos en un futuro. Tras esto, también se detallará la manera que se ha utilizado para conectar el móvil con la pantalla para disfrutar del modo exposición.

Para acabar el capítulo, se dará paso a una explicación más detallada de cómo han sido creados los juegos del prototipo desde cero intentando recrear el videojuego original. En este apartado, aunque no se comente el código, si se explicará en detalle las bases necesarias que sigue la programación de cada videojuego para poder reproducirlo.

En el Capítulo 5 está dedicado a la descripción de las evaluaciones informales de usuario, donde se expondrá el museo a distintos jugadores con el fin de utilizar sus reacciones y consejos para mejorar al museo.

Por último, el trabajo se cierra con unas breves conclusiones del trabajo desarrollado y una descripción de posibles ampliaciones a futuro (Capítulo 6).

The world of videogames is a business sector that, over the years, it has been spreading over the world to unexpected limits. Now, it's one of the most billionaire industries.

That is why this work is focusing on the best videogames that had existed throughout history and include them into a museum where they can be played, offering the users an interactive space accessible in three different ways.

The main objective in this project is to develop the Interactive Museum of Videogames, a web place to host the most famous videogames of history, adding new games in the future developed in different subjects of the degrees in computer engineer as well as the degree in videogame development at the Universidad Complutense de Madrid.

In this project, we will develop an initial prototype of the museum with three playable games in order to guarantee the correct behavior of it in three different modes: desktop browser, mobile browser and the exposition mode, which there will be explained later.

First of all, in Chapter 2, we will study the progress of the videogame from his origins to our days, going through the creation of the biggest videogame industries and the rivalry they developed, which still remain. This business achieved a new way of entertainment in most people, making it a lifestyle for some of them.

Also, we will give a brief review about virtual museums, which are spreading due to the visitors' attraction for new technologies and the way they show relevant information at the same time they entertain and teach.

After that, in Chapter 3, we will design the different ways to enjoy the museum. This are from a desktop browser, mobile browser and a new mode called exposition mode. This new mode uses the user's phone as a game controller and another browser as the screen, getting a feeling of playing with an analogic controller without needing a videogame console or a specific controller to play the game.

The games we chose to expose in this first prototype were the *Space Invaders*; The first multiplayer game and one of the first games of the world *Pong*; and the worldwide known *Tetris*. In the second part of this chapter, we will make an introduction of each game to later explain the main mechanics, as well as the main objectives and the different ways of winning and losing. After this, we will also detail the controls of each game adapted to the different game modes.

Once we have explained the functionality and interaction with the player, in Chapter 4, we will detail the implementation of the web space dedicated to the museum, as well as the project's organization to add new games in the future. After this, we will show the way we used to connect the mobile phone with the screen to enjoy the exposition mode.

To end this chapter, we will make way to a more detailed explanation of how we created each game of the prototype from zero, trying to recreate the original videogame. In this part, we will explain the main bases needed about each game's development and programming so anyone can reproduce it.

The 5th Chapter is dedicated to the description of some informal evaluations from users, where we will expose the museum to different players with the purpose of use their reactions and advices to improve the museum.

At last, the work ends with some sort conclusions about the developed work and a description of possible future ampliatiions and improves (Chapter 6).

2 Estado del arte

En este capítulo se va a proceder primero a hacer un repaso del videojuego a lo largo de toda la historia, donde se detallarán algunos de los eventos más importantes, varios de los videojuegos más famosos del mundo y las distintas compañías que fueron surgiendo en el sector.

Tras ello se hará un estudio de la situación actual de los museos virtuales e interactivos y la razón por la que llaman la atención, así como de la manera en la que fueron evolucionando.

2.1 Historia del videojuego

2.1.1 Primeros pasos

Dada la definición actual de videojuego la cual según el diccionario de la Real Academia Española es: “dispositivo electrónico que permite, mediante mandos apropiados, simular juegos en las pantallas de un televisor o de una computadora.” [1], es difícil determinar cuál fue realmente el primer videojuego de la historia.

Pese al debate de que el primer videojuego de la historia fue *Tennis for two*, un gran número de personas afirman que la historia del videojuego comenzó con *OXO*: un videojuego creado por Alexander Shafto Douglas, en el 1952 [2, p. 161]. El juego consistía en el famoso *3 en raya*, donde el usuario marcaba la posición del tablero donde quería colocar la ficha y una pantalla de 35x16 puntos luminosos mostraba una X o una O dependiendo del turno al mismo tiempo al que una impresora lo imprimía en papel [3].

Este juego empleaba un teléfono de disco como mando para marcar las posiciones del tablero y un ordenador del tamaño de una habitación para resolver los cálculos y mostrarlo por la pantalla (Figura 1). Una analogía curiosa para este trabajo, pues también usa un teléfono como mando y un ordenador, aunque las dimensiones y la velocidad de procesamiento hayan variado enormemente.

Varios años más tarde, en 1958, apareció el anteriormente mencionado *Tennis for two*, un videojuego desarrollado por William Higginbotham que usaba un osciloscopio a modo de pantalla y dos mandos analógicos para simular una partida de tenis entre dos jugadores.

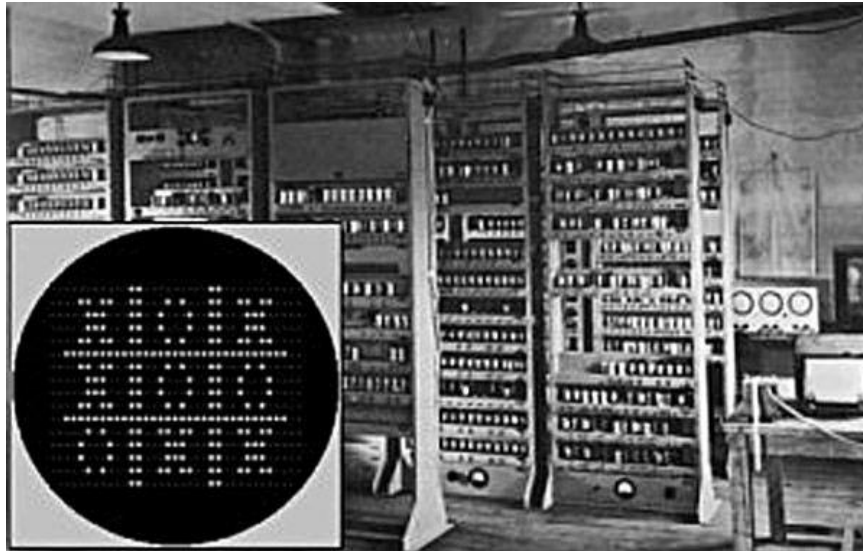


Figura 1: El ordenador usado para reproducir OXO

Sin embargo, no fue hasta 1972 cuando el videojuego dio su gran salto con la máquina recreativa *Pong*, creada por la compañía *Atari*. *Pong* es un videojuego multijugador basado en el deporte de tenis de mesa –también conocido como *Ping Pong*–. Esto fue el inicio de la industria del videojuego tal y como la conocemos hoy en día [4, p. 26]. Tras esto, los salones recreativos se empezaron a llenar de otros juegos como los conocidos *Space Invaders* y *Asteroids*.

2.1.2 La década de los 8 bits

Más tarde, entre 1980 y 1989, tuvo lugar la llamada década de los 8 bits. Esta época empezó en los salones de recreativos con juegos como *PacMan* o *Tron*, pero al poco tiempo, en 1983, llegó la «crisis del videojuego» y muchas empresas del sector acabaron arruinadas. Afortunadamente, en 1985 la crisis empezó a desaparecer gracias al lanzamiento de la NES [5].

NES es una consola lanzada por Nintendo que revolucionó el mundo del videojuego por las características propias de su mando: sustituyó el joystick por una cruceta y añadió botones. Otro factor decisivo en su éxito fue su famoso juego *Super Mario Bros*, desarrollado por Shigeru Miyamoto, que tiene un papel decisivo en la historia del videojuego ya que supuso un punto de inflexión en la manera de desarrollar videojuegos, siendo el primer videojuego cuyo objetivo consistía en superar diferentes niveles muy variados hasta llegar a un final, en lugar de simplemente jugar a niveles normalmente repetitivos donde se intenta alcanzar la puntuación más alta posible [6]. Tras ello, Nintendo también publicó *The Legend of Zelda* en 1987 de la mano de Miyamoto, su mayor logro hasta el momento: un juego de rol con una

historia envolvente y bien desarrollada que llamó la atención de millones de jugadores [7, p. 353]. No contento con ello, volvió a superarse con el lanzamiento de su consola portátil “Game Boy”, la cual venía con el videojuego de *Tetris*, un videojuego que en esos momentos estaba siendo un triunfo en los salones recreativos de todo el mundo. Este último videojuego hizo saltar una gran polémica debido a que su creador había vendido varias veces los derechos del mismo a distintas empresas sin el permiso de la empresa desarrolladora, la cual, al enterarse, rompió los acuerdos y obligó a Nintendo a comprarlos legalmente, convirtiéndose así en la única propietaria de los derechos de *Tetris* [4, pp. 203-208].

La competencia a Nintendo surgió por parte de Sega y el lanzamiento de su potente consola llamada Megadrive en 1988, lo que llevó a ambas empresas a comenzar una competencia en el mismo sector que duraría décadas [4, p. 213]. Sega, además, lanzó en 1991 el famoso *Sonic the Hedgehog*, una respuesta al ya icónico Mario de Nintendo, siendo ambos grandes iconos del videojuego hoy en día [8, p. 210].

2.1.3 El inicio del 3D

Durante los años 1990 y 2000, empezó la conocida como época del 3D. Gracias a los avances en los procesadores, las compañías empezaron a dejar de lado las dos dimensiones para centrarse en un mundo más realista donde el objetivo ya no era desplazarse hacia los lados o hacia arriba y abajo, sino en cualquier dirección en mundos tridimensionales [8, p. 179].

La compañía Sony hizo su primera aparición en el mundo de los videojuegos con su consola *PlayStation*, destinada a reproducir videojuegos desarrollados en tres dimensiones [9, p. 283], y generando grandes éxitos como su videojuego *Tomb Raider* (1996) y su protagonista Lara Croft, uno de los íconos de Sony durante muchos años. Este juego incluso ha conseguido saltar a la gran pantalla con dos películas homónimas en 2001 y 2003 [9, p. 286] y un nuevo reboot en 2018.

Por otro lado, Nintendo continuó desarrollando consolas como la conocida Nintendo64 y sus juegos *Super Mario 64* en 1996 [8, p. 316] y *The Legend of Zelda: Ocarina of Time*, declarado en 1998 por los críticos como «*el videojuego mejor valorado de la historia*» [8, p. 178] mientras que Sega sacó en 1999 la consola Dreamcast con juegos como *Sonic Adventure* y *Crazy Taxi* [9, p. 312]. Aunque Nintendo también estaba haciendo grandes progresos gracias a su consola portátil: Game Boy y el lanzamiento de su juego *Pokemon Red and Blue*, un fenómeno de masas que consiguió expandirse a otros campos como la televisión, tiendas de juguetes, ropa..., convirtiéndose en una industria multimillonaria [7, p. 566].

Sin embargo, en 1993 una gran polémica azotó al mundo de los videojuegos cuando Joseph Lieberman, senador del Partido Demócrata de Estados Unidos en ese momento, elaboró un comunicado en el que mostraba imágenes de dos videojuegos (*Mortal Kombat* y *Night Trap*) y señalaba el brutal contenido violento de estos, lo que llevó a los juzgados a presentar cargos contra los desarrolladores por corromper a los niños pequeños [4, p. 225]. De hecho, como dijo el ejecutivo de Nintendo Howard Lincoln: “I remember saying to Fischbach and to Rob Holmes, «I can guarantee you with *Night Trap* and now *Mortal Kombat*, we’re all going to end up in front of Congress»” [7, p. 466].

Esta polémica desembocó en 1994 en la creación de una industria llamada Entertainment Software Rating Board (ESRB). Esta compañía surgió con el propósito de clasificar los juegos por edades en función de la violencia y el contenido de este; y de hecho, la empresa y sigue operando hoy en día: puede verse que todos los videojuegos de Estados Unidos llevan la marca de ESRB junto con la edad mínima recomendada para jugar. Aun así, la violencia en los videojuegos nunca llegó a descender, de hecho, fue mayormente aceptada gracias a esta clasificación, por lo que el intento de Lieberman de acabar con la violencia en los videojuegos fracasó rotundamente [4, p. 234].

2.1.4 La nueva generación

A partir del año 2000 la industria del videojuego ha ido en aumento. Por un lado, Sony lanzó la PlayStation 2, una consola potente con gráficos muy mejorados y gran variedad de juegos, que además incluía la posibilidad de reproducir DVDs –lo que hizo que su fama fuese aun mayor– [9, p. 314]. Este lanzamiento fue un duro golpe para Nintendo pues, cuando en el «2000 Electronic Entertainment Expo (E3)» Sony presentó su nueva consola, mientras que Nintendo y Sega solo anunciaron el desarrollo de nuevos juegos. El golpe fue aún más duro para Sega, puesto que, viéndose superado por la potencia de sus competidores, anunció públicamente que abandonaba el desarrollo de hardware, centrándose únicamente en el software [7, pp. 579-582].

Microsoft aprovechó esto para dar el gran salto a las consolas y anunció el desarrollo de una consola más potente incluso que la PlayStation 2: la Xbox, que con el paso del tiempo acabó convirtiéndose en el gran competidor de Nintendo y Sony [7, pp. 574-576].

A lo largo del tiempo, estas tres grandes compañías han estado siempre en constante competición por ser la mejor de su sector. Mientras que Sony y Microsoft tomaron las riendas de potencia de juego y gráficos lanzando sus consolas PlayStation 3 y Xbox 360 respectivamente, Nintendo decidió innovar con el lanzamiento de su Wii, intentando llevar la

experiencia del usuario a un nivel más familiar y realista usando mandos sensibles al movimiento como principal método de juego [10, p. 36].

Hoy en día se puede disfrutar de las nuevas consolas de Sony, Microsoft y Nintendo: PlayStation 4, Xbox One y Switch, respectivamente. Esta última, con su lanzamiento bastante más tarde que el de sus competidores, ha sido el empujón que necesitaba Nintendo para ponerse a la altura de PS4 y Xbox One, tras su intento fallido con la Wii U, por su innovador concepto híbrido [10, p. 36].

Estas consolas con procesadores de potencias abrumadoras y gráficos realistas no paran de sorprender al mundo y, con la llegada de la realidad virtual, nos espera un futuro impensable para los primeros creadores de videojuegos en su momento, ya que *«a día de hoy, la industria del videojuego genera más dinero que las industrias del cine y de la música juntas»* [11, p. 91].

2.2 Museos virtuales

Cada vez son más los museos que dedican esfuerzo y dinero en ser algo más que un museo clásico y, por norma general, la mayoría opta por dos claves fundamentales además de las propias exposiciones de arte o ciencia: la interacción con el visitante y el uso de nuevas tecnologías.

Los museos virtuales comenzaron a expandirse en 1980 cuando muchos museos decidieron implicarse en la potencia que ofrecía la “World Wide Web” (WWW) donde podían mostrar las colecciones que estos ofrecían de una manera fácil y accesible para el mundo entero [11, p. 1].

Tras un tiempo, varios de estos museos decidieron dar un paso más allá y comenzaron a crear espacios tridimensionales con herramientas como las ofrecidas por Web3D Consortium [12] en las que los usuarios podían obtener una visión tridimensional de los objetos del museo en una pantalla. Otras herramientas usadas más adelante fueron COLLADA [13] y OSG [14] ya que permitían mayor control sobre el entorno tridimensional añadiendo aspectos como detección de colisiones y físicas realistas, lo que permitía una mayor interacción por parte de los usuarios [11, p. 3]. Este tipo de prácticas se siguen realizando a día de hoy en grandes museos como el Museo Nacional Thyssen-Bornemisza [15] que el día 12 de abril de 2018 añadió a su exposición “Lección de arte” la posibilidad de jugar a un videojuego con la temática de la misma en una pantalla que ofrecía el propio museo [16].

Muchos museos también dieron paso a la Realidad Virtual (RV), la cual permitía una mayor inmersión en el museo debido a que esta provoca una ilusión en el espectador de encontrarse de manera física dentro del entorno tridimensional. Este tipo de tecnología se introdujo en muchas exposiciones para llamar la atención del visitante al tratarse de una tecnología puntera en pleno crecimiento [11, p. 4]. Una de las tecnologías más usadas para crear experiencias virtuales en los museos es Cortona [17] debido a su facilidad a la hora de crear este tipo de entornos.

Por último, la realidad aumentada (RA) también tuvo un gran impacto en los museos, ya que ofrecía superponer información y elementos virtuales al mundo real mediante el uso de dispositivos móviles con capacidad suficiente como para soportar la RA. Esto permitía a los museos interactuar con los visitantes mediante su smartphone para mejorar la experiencia de usuario [18, pp. 2-3]. Un ejemplo sería el museo Centro de artes Ca l'Arenas del Museo de Mataró [19] el cual dispone de una aplicación que el usuario puede descargar y que, al enfocar con la cámara a un cuadro, en la aplicación expone información referente al autor y muestra diferentes enlaces a videos e información por delante de la visión de la cámara y viendo, por tanto, el mundo real con información relevante superpuesta al mismo.

En resumen, cada vez más museos optan por ofrecer a los visitantes nuevas formas de interactuar con el museo ofreciendo diferentes experiencias a la hora de visitarlo mediante el uso de tecnología entretenida, inmersiva e informativa al mismo tiempo.

3 Funcionalidad

El Museo Interactivo del Videojuego (MIV) es un sitio web donde los usuarios pueden disfrutar de antiguos juegos de recreativas usando un navegador web. Gracias a ellos, un usuario puede acceder al museo desde su navegador de escritorio, desde el navegador del móvil o experimentar el modo exposición, el cual se basa en conectar el móvil del jugador a una pantalla donde se muestra el museo y usar el móvil como mando. Este último modo es muy interesante a la hora de jugar a juegos multijugador, donde varios usuarios pueden jugar de forma conjunta a la vez usando sus móviles.

A modo de prototipo, se ha creado una versión del museo que cuenta con 3 videojuegos clásicos de los años 70 y 80 recreados desde cero: *Space Invaders*, *Pong* y *Tetris*. Estos juegos marcaron un antes y un después y, por tanto, su aparición en el museo es obligatoria. Los juegos se han rediseñado múltiples veces para conseguir que mantenga el mayor parecido posible con sus versiones originales, tanto en aspecto como en jugabilidad.

3.1 Modos de Juego

En este apartado se van a detallar las diferentes maneras que tiene el usuario de acceder al museo y disfrutar de su contenido. Todas ellas tienen sus ventajas e inconvenientes, por lo que el usuario puede escoger en cada momento la que más se ajuste a sus necesidades.

Estos modos de juego incluyen el juego desde un navegador de escritorio (cómodo para un solo jugador), un navegador móvil (para jugar desde cualquier lugar) y el modo exposición (perfecto para jugar con amigos en casa o en un espacio público).

3.1.1 Navegador de escritorio

El uso de un navegador de escritorio da acceso a infinidad de posibilidades ya que se puede hacer uso del ratón y de las teclas, por lo que la experiencia de usuario mejora enormemente.

Desde el navegador de escritorio se puede acceder directamente al museo. En este caso, aparecerá como pantalla principal el catálogo, donde se listan todos los juegos disponibles como se muestra en la Figura 2. Este catálogo nos muestra en cada juego un pequeño logo junto al título del mismo. Al pasar el cursor por encima, aparece información relevante sobre el juego junto a un botón con la palabra “Jugar”. Al pinchar sobre esta, se redirecciona a una nueva página donde se podrá disfrutar del juego.

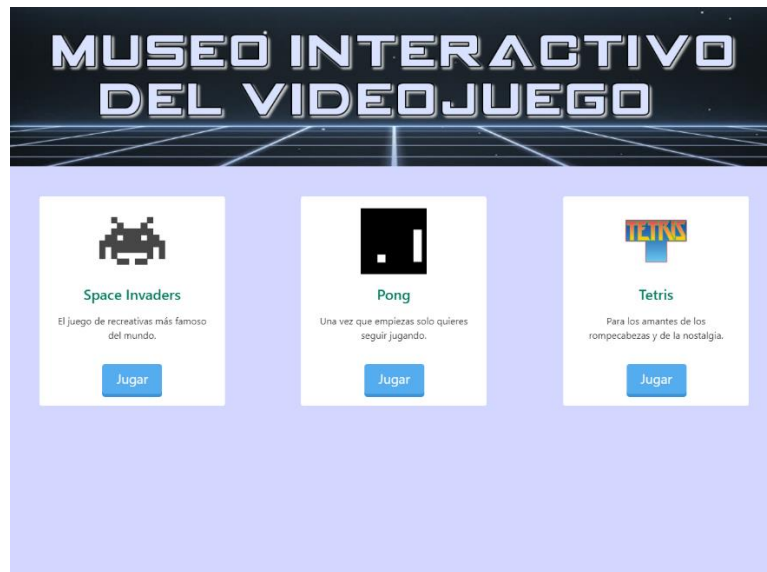


Figura 2: Museo Interactivo del Videojuego: versión del navegador de escritorio

Los juegos no hacen uso del ratón, por el contrario, hacen uso del teclado y, en especial, de las flechas de dirección. Para los juegos con dos jugadores, ambos deberán usar las diferentes teclas que se les asignen del mismo ordenador ya que, por el momento, dos ordenadores independientes no pueden jugar conjuntamente al mismo juego.

Por lo tanto, el ordenador es una herramienta muy útil a la hora de acceder al museo ya que es cómodo y sencillo de usar y, además, ya estamos acostumbrados. Sin embargo, resulta algo tedioso a la hora de jugar a juegos de dos jugadores, pues hay que hacer uso del mismo teclado y es imposible de implementar para tres o más jugadores debido a la limitación de espacio y teclas que presenta.

3.1.2 Navegador móvil

El teléfono móvil inteligente o *SmartPhone* es una herramienta cómoda a la vez que portátil para jugar. Millones de aplicaciones y juegos móviles son descargados diariamente, por lo que un museo virtual donde poder jugar a clásicos de la historia podría ser llamativo para estos usuarios.

Al igual que en la versión para un navegador de escritorio, nada más acceder al museo desde el navegador de un móvil se muestra el catálogo de juegos disponibles (Figura 3). Desde un navegador móvil, dada la escasa superficie de la pantalla, no se puede jugar en modo multijugador. Mientras que el ordenador sí puede tener algún juego multijugador haciendo uso de las diferentes teclas del teclado, en el móvil esto es inviable, por lo que los juegos de dos jugadores (como el *Pong*) solo están disponibles contra una inteligencia artificial o NPC (Non-Player Character).

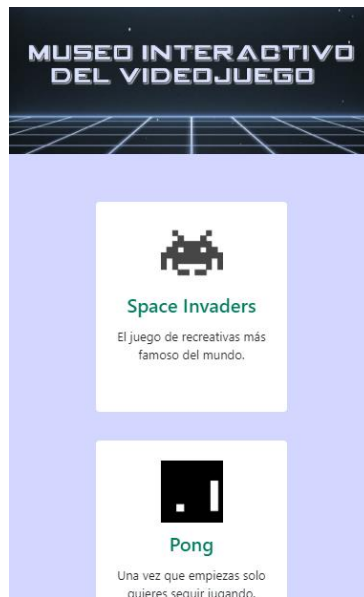


Figura 3: MIV: versión de navegador móvil

Finalmente, el móvil resulta ser un dispositivo desde el que se puede acceder al museo en casi cualquier parte del mundo, pero la carencia de teclas físicas y el hecho de que haya que usar las funciones táctiles, perdiendo parte de la visibilidad, hacen que sea algo más incómodo a la hora de jugar. A parte de esto, nos obliga siempre a jugar en solitario, dejando de lado el amplio potencial que ofrecen los juegos multijugador.

3.1.3 Modo exposición

El modo exposición es, sin duda, el más interesante de este trabajo, ya que es original e innovador. Este modo consiste en usar un navegador (generalmente el de un ordenador con una pantalla grande de exposición) a modo de pantalla y el navegador del móvil de manera conjunta, haciendo que en la pantalla se visualicen los juegos mientras el móvil funciona a modo de mando analógico, lo que llama la atención de muchos usuarios por la facilidad que ofrece a la hora de jugar con más personas del entorno. Esta idea surgió tras observar la página web de AirConsole [20] la cual sirvió de inspiración para este modo.

El uso de este modo permite que haya múltiples jugadores simultáneamente, cada uno con su móvil, jugando al mismo juego. Debido a que hoy en día casi el 100% de los usuarios poseen un teléfono inteligente, esto nos da la facilidad de que, con solo un ordenador, una *Smart-TV*, una *tablet* o incluso otro teléfono inteligente, ya seamos capaces de disfrutar del museo en su totalidad sólo o con amigos.



Figura 4: Pantalla de espera del modo exposición

Al acceder al museo en este modo, no se muestra el catálogo, sino que se muestra una pantalla de bienvenida con las instrucciones para conectar un móvil y empezar a disfrutar del museo como se muestra en la Figura 4.

Para ello, existen dos maneras de conectarse desde un Smartphone:

- Código QR: consiste en hacer uso de un lector de códigos QR (también conocidos como códigos Bidi), que viene preinstalado en la mayoría de teléfonos. Aun así, existen aplicaciones gratuitas con este fin que se pueden descargar.
- URL: en caso de no tener este lector y no estar dispuestos a descargar nuevas aplicaciones, se puede acceder a la URL que indica la pantalla desde el navegador del móvil y, una vez allí, introducir el número de cuatro dígitos que aparece en pantalla (Figura 5).

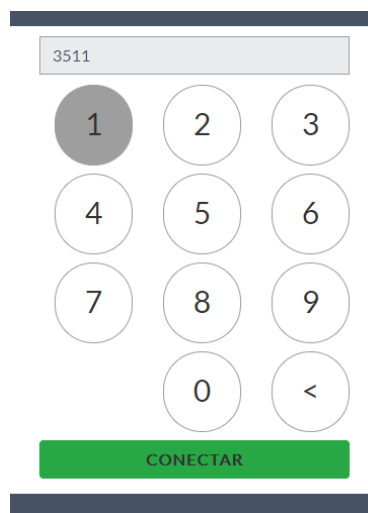


Figura 5: Pantalla de envío del código del modo exposición

Tras esto, ambos dispositivos quedan vinculados y la pantalla muestra el catálogo mientras que en el móvil aparece un mensaje, indicando que se ha realizado la conexión. Al pulsar el botón “Aceptar” del móvil, aparece un mando inspirado en el de la consola NES de Nintendo, como se puede ver en la Figura 6 y 7.

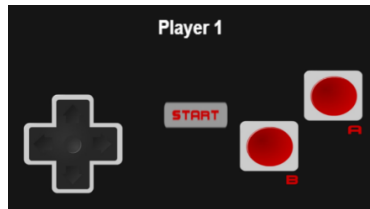


Figura 6: Mando del modo exposición



Figura 7: Mando original de la Nintendo NES

Con este mando, podremos controlar el museo y los juegos. Para navegar por el museo, usaremos la cruceta de direcciones que aparece, también conocido como *Gamepad*, para ir seleccionando los diferentes juegos. Estos se van señalando en la pantalla para que el usuario sepa que juego está seleccionando y se giran para mostrar la información del juego. Al pulsar el botón “A” del mando del móvil, comienza el juego. Para salir, todos cuentan con una opción de pausa que se activa con el botón “Start” desde donde se puede seleccionar la opción “Salir” mediante el *Gamepad* y el botón “A”.

En todo momento, en el catálogo, aparece en pantalla el código QR junto al número de cuatro dígitos por si un nuevo jugador quiere unirse. Al lado, también aparece un mensaje con el número de jugadores conectados como se muestra en la Figura 8.



Figura 8: MIV: Modo exposición una vez conectado

En la parte de arriba de nuestro móvil, aparece indicado nuestro número de jugador, que se asigna por orden de conexión al museo. En el museo, el jugador 1 es el que tiene el control total a la hora de elegir juego, los demás jugadores no pueden hacer nada. En cambio, en todos los juegos, si un jugador pulsa el botón “Start” para mostrar el menú de pausa, el usuario que lo haya pulsado será el único que podrá controlar este menú, independientemente de su número de jugador.

Para desconectarse, solo hay que cerrar la página del navegador de nuestro móvil, pues el museo lo detecta automáticamente. En caso de que haya más jugadores conectados, se reordena el número de cada jugador, es decir, si hubiese dos jugadores jugando y el jugador 1 se desconectara, el jugador 2 pasaría a ser el 1. En caso contrario, si no hay más jugadores conectados, el museo vuelve a la pantalla principal, mostrando el mensaje de bienvenida y un nuevo código QR junto a otro número de cuatro dígitos. En caso de darse un largo periodo de inactividad, el museo entenderá que los usuarios olvidaron cerrar la página del navegador, por lo que se desconectará automáticamente, desconectando también a los usuarios, quienes serán redireccionados a la URL desde la cual se introduce el número de cuatro dígitos.

En definitiva, este modo de juego permite la interacción de múltiples usuarios simultáneamente, los cuales pueden jugar conjuntamente a diferentes juegos en la misma pantalla. Esta idea es muy interesante si se traslada una pantalla a algún espacio público donde la gente pueda usar su móvil para detenerse a jugar unos minutos, sólo o con amigos, y luego seguir su camino, obteniendo una experiencia parecida a la interacción con una máquina de recreativos.

3.1.4 Conclusión

Tras observar los diferentes modos de juego, se llega a la conclusión de que todos ellos son perfectamente válidos para disfrutar del museo según las necesidades del usuario.

Si solo hay un jugador, y se juega desde casa, la mejor opción es usar el navegador de un ordenador ya que es la manera más cómoda de jugar y de conseguir mayores puntuaciones. En cambio, si solo hay un jugador y se juega desde fuera de casa (en un viaje, en un banco o en cualquier otro sitio), lo mejor es usar el móvil, pues permite disfrutar de juegos sencillos y rápidos desde cualquier lugar.

Por último, si hay varios jugadores y se juega en un espacio donde se disponga de una pantalla con un navegador, lo mejor es jugar en el modo exposición. En caso de que este trabajo alcance los medios posibles para ello, el modo exposición puede ejecutarse en una pantalla dedicada

exclusivamente a mostrar el museo en un espacio público donde cualquiera con un móvil inteligente pueda disfrutar de él.

3.2 Los juegos

En este apartado se detallan los tres juegos actualmente disponibles en el prototipo del museo. Por cada uno, se ha incluido un pequeño apartado introductorio acerca de la historia detrás de cada videojuego, de cuándo y cómo se publicó.

Tras ello, se detallan las diferentes mecánicas de cada uno: cómo se gana, cómo se pierde y los objetivos principales, así como el comportamiento de los enemigos y del entorno.

Por último, se enumeran los controles que emplea cada juego en los distintos modos mencionados en el apartado anterior.

3.2.1 Space Invaders

Este juego fue creado por Toshihiro Nishikado Ten en el año 1978 [9, p. 46] con una popularidad tan grande que la compañía japonesa Taito Corporation distribuyó más de 100.000 máquinas del juego por todo Japón [7, p. 116]. El juego fue tan popular que incluso creó una crisis de monedas de 100 yenes, ya que era la moneda que admitía la máquina recreativa para jugar [8, p. 26].

Este juego fue el detonante del género “shoot’em up” y ha sido un referente inigualable de la cultura pop desde su lanzamiento hasta hoy [21, p. 50].

Aunque el *Space Invaders* sea recordado por sus característicos colores verde para la nave y los escudos, blanco para los alienígenas y rojo para el ovni, en realidad todo se mostraba en blanco y negro; lo que en realidad ocurría era que, al superponer a la pantalla varias tiras de cristales de colores, se creaba la sensación de estar jugando a un videojuego en color, debido a que la mayor parte del juego transcurre de izquierda a derecha [9, p. 46].

En 1980 su fama se extendió al resto del mundo cuando Atari compró los derechos de *Space Invaders* a Taito y lanzó el juego para su consola Atari 2600. Este astuto movimiento por parte de Atari hizo que las ventas de su consola se disparasen, generando enormes beneficios [4, p. 79].

Mecánicas

Space Invaders es un juego arcade de habilidad y reflejos en el que el usuario debe derrotar a los enemigos y evitar que las balas de estos le alcancen para obtener la mayor puntuación.

En el juego, el usuario controla una nave espacial que puede mover horizontalmente y que usará para disparar a los alienígenas enemigos que lanzan proyectiles al jugador (Figura 9), que puede recibir un total de tres impactos antes de destruirse por completo. A su vez, se pueden utilizar unos escudos protectores que aparecen en pantalla y que se destruyen con cada impacto de proyectil.

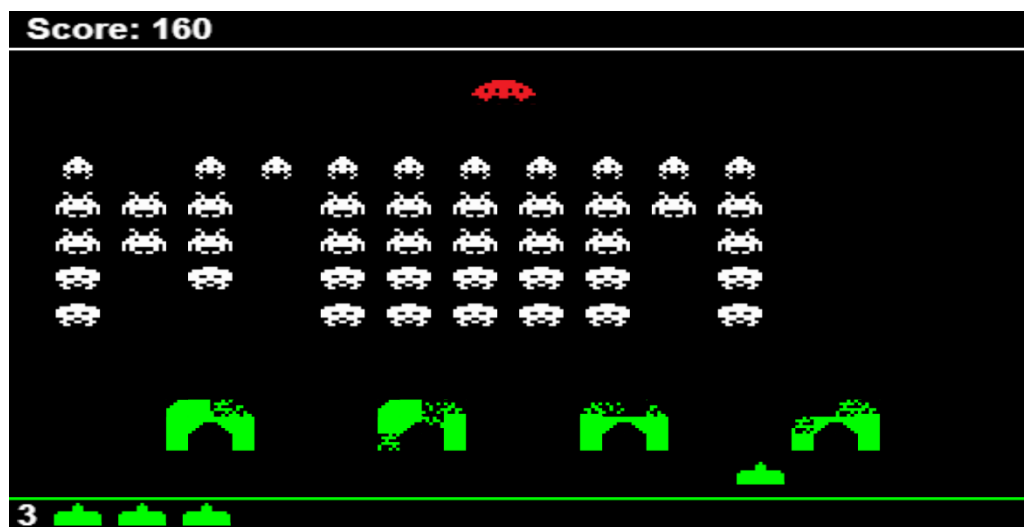


Figura 9: Space Invaders

Los enemigos no solo disparan proyectiles, sino que, además, se mueven horizontalmente y, cuando llegan al borde de la pantalla, avanzan un poco hacia el jugador antes de cambiar de dirección hacia el lado opuesto, lo que hace más complicado el juego ya que hay menos tiempo de reacción si nos disparan.

Cada vez que se elimina un enemigo, se recompensa al jugador con una puntuación en función del enemigo destruido, pero la dificultad del juego aumentará debido a que cuantos más enemigos se eliminen, más rápido avanzará el resto.

Además, en el juego aparece un ovni enemigo de forma aleatoria que cruza la pantalla horizontalmente de un extremo a otro. Esta nave no supone ninguna amenaza, pero nos recompensa con una gran cantidad de puntos si la alcanzamos.

Cuando se acaba con todos los enemigos de la pantalla, se pasa al siguiente nivel. Esto significa que el mismo número de enemigos que había al principio vuelve a aparecer, como si se empezara de cero, pero esta vez empiezan más cerca, además, los escudos y las vidas del

jugador no se restauran. Aun así, el usuario irá recuperando vidas a medida que su puntuación aumente cada 1000 puntos.

En caso de que el jugador pierda las vidas o de que los enemigos bajen hasta su posición, acaba la partida y se muestra una pantalla de “Game Over” antes de regresar al menú principal, desde el que se podrá empezar una nueva partida.

Controles

- Comienzo del juego:
 - Ordenador: Tecla Espacio
 - Móvil: Tocar la pantalla
 - Mando: Botón A

- Pausa:
 - Ordenador: Tecla Escape
 - Móvil: Botón Pausa
 - Mando: Botón Start

- Disparo:
 - Ordenador: Tecla Espacio
 - Móvil: Botón Disparo
 - Mando: Botón A

- Movimiento:
 - Ordenador: Teclas de dirección (izq. Y dcha.)
 - Móvil: Pulsar izquierda o derecha sobre el dibujo del joystick
 - Mando: Botones de dirección del pad (izq. Y dcha.)

3.2.2 Pong

En sus inicios, *Pong* fue diseñado en 1972 como un trabajo secundario para enseñar a un nuevo empleado de la empresa Atari llamado Al Alcorn. Este decidió poner todo su empeño en el videojuego y realizó ligeras mejoras al mismo [4, p. 23]. El propio Al Alcorn comentó públicamente: “Me di cuenta más tarde de que esto era simplemente un ejercicio que Nolan me

dio porque era el juego más simple que se le ocurrió. No pensó que tenía ningún valor jugable” [7, p. 40].

Se dice que Al Alcorn instaló esta máquina recreativa en un bar para probarla hasta que esta dejó de funcionar debido a que la capacidad de monedas de la máquina había llegado a su límite [8, p. 23].

Tras un tiempo, el fundador de Atari, Nolan Bushnell, se dio cuenta de que el juego era tan adictivo como divertido y decidió intentar venderlo, pero, tras el rechazo de múltiples compañías, decidieron distribuirlo por su cuenta con resultados millonarios [4, pp. 24-27].

Este videojuego marcó un antes y un después en la historia disparando las compañías de videojuegos a nivel global, muchas de las cuales ya habían creado variantes del juego [4, p. 26].

Mecánicas

Pong es un juego para dos jugadores, aunque se puede jugar en solitario o contra una inteligencia artificial, en el cual el objetivo es vencer al oponente marcando más puntos que él haciendo rebotar una pelota hasta que toque el lado de la pantalla que el contrincante está intentando defender.

En el juego, cada jugador controla una barra a forma de raqueta a cada lado de la pantalla que puede mover verticalmente. En la pantalla también aparece un punto simulando una pelota la cual se mueve tanto horizontal como verticalmente (Figura 10).

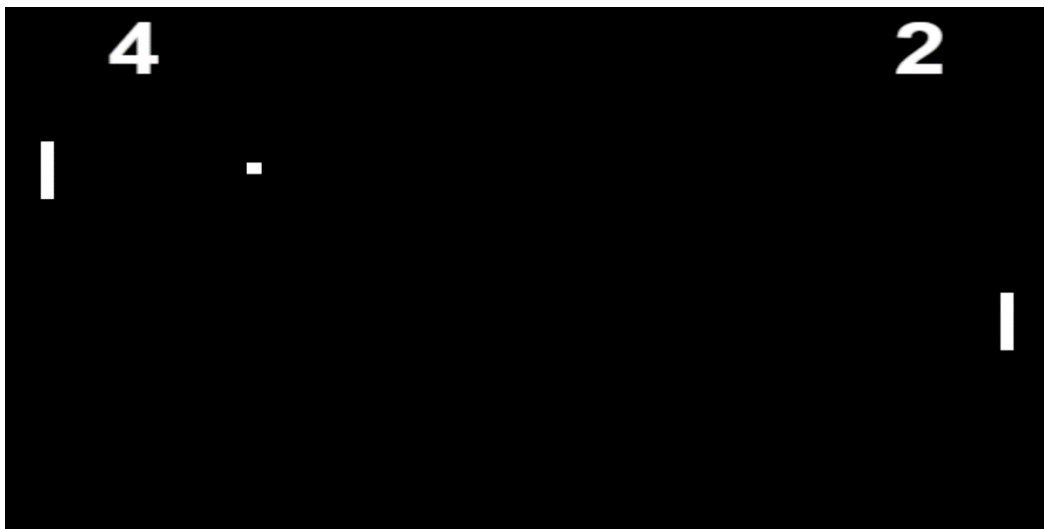


Figura 10: Pong

El objetivo es evitar que la pelota llegue al extremo de la pantalla en el que nos encontramos y, a su vez, hacer que la pelota rebote en nuestra raqueta para que llegue al extremo de la pantalla de nuestro contrincante.

La pelota avanza siempre a la misma velocidad de manera horizontal, pero dependiendo de dónde rebote en la raqueta del jugador tendrá una velocidad vertical u otra. Esto quiere decir que la bola avanza de izquierda a derecha rebotando en las raquetas de los jugadores, pero desplazándose arriba y abajo, haciendo más difícil para el jugador alcanzarla. La bola rebota automáticamente contra los extremos superior e inferior de la pantalla y su movimiento vertical será nulo si choca en el centro de la raqueta y muy elevado si choca en un extremo, lo que alentará a los jugadores a arriesgarse a calcular la trayectoria de la pelota y alcanzarla con uno de los extremos de su raqueta.

En caso de que el jugador no pueda alcanzar la pelota y esta toque el extremo de la pantalla, el marcador del contrincante ascenderá un punto y la bola reaparecerá en la pantalla hacia el lado del jugador que ha fallado, permitiéndole elegir la trayectoria inicial que tendrá.

Cuando uno de los dos marcadores alcance los 7 puntos, el jugador que la haya alcanzado es proclamado ganador de la partida y se visualiza una pantalla de espera para que dos nuevos jugadores comiencen un nuevo juego.

En conclusión, *Pong* es un juego adictivo y competitivo para echar partidas rápidas contra otros jugadores y poner a prueba quien tiene mejores reflejos.

Controles

- Comienzo del juego:
 - Ordenador:
 - Jugador 1: Tecla Enter
 - Jugador 2: Letra X
 - Móvil: Tocar la pantalla
 - Mando: Botón A
- Pausa:
 - Ordenador: Tecla Escape
 - Móvil: Botón Pausa

- Mando: Botón Start
- Movimiento:
 - Ordenador:
 - Jugador 1: Teclas de dirección (arriba y abajo)
 - Jugador 2: Letras W y S
 - Móvil: Pulsar arriba o abajo sobre la pantalla
 - Mando: Botones de dirección del pad (arriba y abajo)

3.2.3 Tetris

Tetris fue inventado en un primer momento por Alexei Pajitnov, de procedencia rusa en 1985 [8, p. 107]. La idea surgió cuando Pajitnov decidió crear un videojuego basado en pentominós. Al principio, el juego estaba pensado para dos jugadores y el objetivo consistía en usar estas figuras geométricas formadas por 4 piezas (en lugar de 5 como los pentominós originales) para rellenar la pantalla hasta que no cupiesen más donde el jugador con más huecos rellenos ganaba. Pajitnov se dio cuenta de que las partidas eran muy cortas y no eran suficientemente divertidas, por lo que decidió añadir que, si un jugador completaba una fila, esta desapareciese, dando lugar al *Tetris* (por la palabra *tetra*, que en griego significa cuatro) que todos conocemos y convirtiéndolo en un juego de un solo jugador [4, pp. 199-200].

Más tarde, en 1989, Nintendo estaba a punto de lanzar su nueva consola Game Boy al mercado junto con un nuevo juego de Mario cuando Henk Rogers, dueño Bullet-Proof Software, pensó que sería un juego perfecto para lanzar junto con la nueva consola. Él mismo cuenta como se dirigió a Nintendo antes del lanzamiento de Game Boy en 1989: “Well if you want little boys to buy your machine then pack in Mario, but if you want everybody to play your game, pack in Tetris” [4, p. 205].

Tras un lío con los acuerdos de los derechos de *Tetris* que el empresario Robert Stain había causado, Nintendo finalmente se hizo con ellos gracias a Rogers y con ello se adelantó en su carrera contra el resto de empresas del sector [4, pp. 203-208].

Hoy en día *Tetris* sigue siendo conocido en todo el mundo, de hecho, en abril de 2014, se superó el record Guinness mundial de la demostración más grande de un videojuego en un edificio tal y como recoge la cadena de televisión *NBC News* en el artículo «Skyscraper Game

of Tetris Breaks World Record». El edificio tenía 29 plantas y una superficie de 11.000 metros cuadrados y por la noche los habitantes de Filadelfia pudieron acercarse a probar este juego de enormes dimensiones [22].

Mecánicas

Tetris es un juego pensado para un jugador que consiste en ir construyendo líneas completas con las fichas que van cayendo para aumentar la puntuación mientras se evita que se amontonen y lleguen al borde superior de la pantalla (Figura 11).

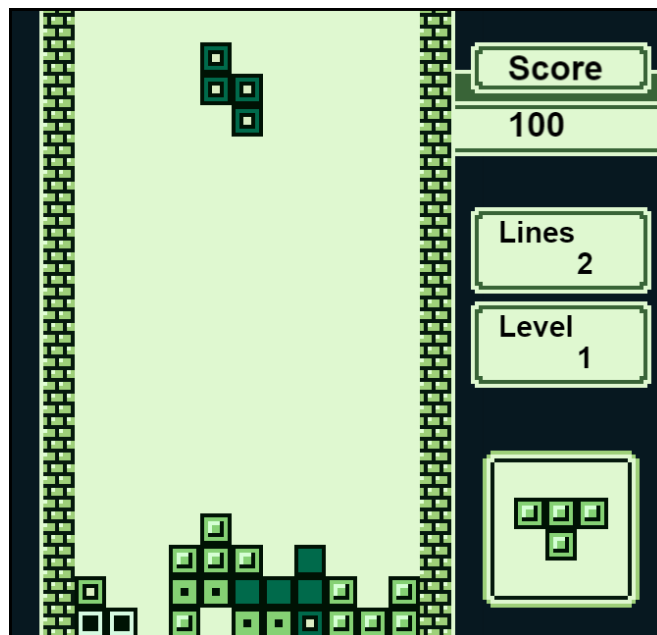


Figura 11: Tetris

Al empezar, se muestra un tablero vacío y una pieza formada por varios cuadrados que cada cierto tiempo se desplaza hacia abajo. Esta pieza, cuando toca el suelo del tablero, se detiene y una nueva pieza, con una forma diferente a la anterior, aparecerá en la parte superior cayendo de nuevo. Esta también se detendrá al tocar el suelo o al chocar con la pieza anteriormente colocada.

El jugador tiene siempre control sobre la pieza que está cayendo actualmente. Si esta se detiene, ya sea por el suelo o por otra ficha, el jugador deja de tener control sobre ella y lo gana sobre la nueva ficha. El usuario puede mover esta ficha horizontalmente, así como acelerar su caída o rotarla 90 grados múltiples veces para decidir cómo quiere que quede colocada.

Cuando la ficha que se coloca se detiene y crea una fila entre los cuadrados de la misma y el resto de fichas, esta fila desaparece y todos los cuadrados de las piezas colocadas por encima de ella caen hacia abajo tantas posiciones como filas completadas en ese último movimiento

(ya que se pueden completar varias filas de golpe). Al hacer esto, el jugador recibirá un número de puntos en relación al número de filas completadas, siendo mucho mayor si se completan 4 filas usando una sola ficha que si se completan en distintos movimientos.

En todo momento, el jugador tiene en una esquina de la pantalla una imagen que indica la siguiente pieza que aparecerá tras colocar la ficha que está cayendo actualmente. Una vez se haya colocado la ficha que estaba en la pantalla principal, aparece la pieza que antes se veía en la esquina inferior derecha. Y el proceso se repite de esta forma con cada pieza que se coloca.

En el juego, la dificultad aumenta progresivamente con cada pieza que se coloca, haciendo que la siguiente ficha acelere su descenso y obligando al jugador a pensar más rápidamente donde colocar cada pieza, así como a poner a prueba su habilidad y reflejos.

Si no se consigue completar las filas, estas no desaparecerán y las fichas se irán amontonando unas encima de otras hasta el punto en el que una de ellas toque el borde superior de la pantalla. En ese momento, el juego acaba y se termina la partida, obteniendo la puntuación final.

En resumen, *Tetris* es un juego donde el usuario debe hacer uso de la estrategia y de su velocidad para planearla, así como de su habilidad para mover y rotar la ficha que cae para que encaje con las demás.

Controles

- Pausa:
 - Ordenador: Tecla Escape
 - Móvil: Botón Pausa
 - Mando: Botón Start
- Movimiento:
 - Ordenador: Teclas de dirección (izq. Y dcha.)
 - Móvil: Arrastrar el dedo a la izq. o a la dcha.
 - Mando: Botones de dirección del pad (izq. Y dcha.)
- Acelerar caída:
 - Ordenador: Tecla de dirección (abajo)
 - Móvil: Arrastrar el dedo hacia abajo
 - Mando: Botón de dirección del pad (abajo)
- Rotar pieza:
 - Ordenador: Teclas espacio

- Móvil: Tocar pantalla
- Mando: Botón A

3.2.4 Conclusión

En resumen, todos los juegos son divertidos e interesantes. Todos ellos fueron muy importantes en la historia del videojuego y siguen siendo un referente fundamental a día de hoy para muchos programadores de videojuegos y causan una gran nostalgia en muchos de los usuarios que llegaron a vivir en persona esta época dorada del videojuego, una industria que, como sabemos, no ha parado de crecer desde entonces.

4 Implementación

En este apartado se va a detallar la implementación de cada una de las partes del Museo Interactivo del Videojuego (MIV), así como la implementación de los propios juegos y la tecnología utilizada. Para ello, se ha hecho uso de websockets para la comunicación entre el cliente y el servidor para el modo exposición y se ha utilizado un framework para la programación de videojuegos.

En primer lugar, se detallará el diseño y la estructura del sitio web, así como las tecnologías utilizadas para ello. Una vez hecho esto, se pasará a explicar la implementación de los websockets para conectar y enviar información entre distintos clientes conectados al mismo servidor para conseguir enviar información a través del móvil a la pantalla donde se muestran los juegos.

Por otro lado, la descripción de la implementación de los juegos se dividirá en dos apartados: escenas y entidades. En la primera se explican las diferentes pantallas o escenas con las que cuenta cada videojuego. Estas escenas se repiten a lo largo de los juegos ya que todos ellos constan de menú principal, pantalla de pausa, pantalla de final de juego y el HUD (Head-Up Display). Este último, aunque no es una escena como tal ya que hace referencia a las estadísticas (como puntos o niveles) que el usuario ve en todo momento en pantalla mientras juega, se ha incluido dentro de este apartado. Tras esto, también se detallan las entidades que forman parte del juego y que interaccionan entre sí. Estas entidades hacen referencia a los distintos personajes u objetos que aparecen en cada juego tales como las naves o los enemigos de *Space Invaders* o la pelota de *Pong*.

4.1 Sitio web

La página web del MIV es la parte más importante del museo, ya que es donde se navegará por los diferentes juegos del museo y es la encargada de conectarse correctamente con el servidor para gestionar el traspaso de información en el caso del modo exposición.

Este sitio web constará de dos páginas accesibles desde dos enlaces distintos: uno para entrar al museo desde un ordenador o un móvil y otro para visitar el museo en su modo exposición.

Para desarrollar estas páginas primero se hará un estudio de distintas aplicaciones web para luego desarrollar un diseño. Tras ello, se pasará a desarrollar la página principal del museo la cual se reutilizará para crear la página del modo exposición.

El Museo Interactivo del Videojuego hace uso del lenguaje de HTML junto con hojas de estilo CSS y JavaScript [23] para la funcionalidad.

Para llevar un control de las distintas versiones del museo se ha creado un repositorio mediante la web de GitHub [24] accesible mediante la siguiente url:

- Repositorio de GitHub: <https://github.com/charlesslp/websockets>

Con el fin de poder probar el museo, también se ha creado un entorno en el cual está disponible el prototipo del museo y el cual es accesible mediante los siguientes enlaces:

- Navegador de escritorio o móvil: <https://carlosmp.com:4001>
- Modo exposición: <https://carlosmp.com:4001/catalogue.html>

4.1.1 Diseño

En un principio, esta página carecía de estilos y era usada únicamente como página de pruebas para el modo exposición, pero, conforme los juegos fueron terminándose, la página necesitó de un cambio de aspecto.

Lo primero que se decidió hacer fue el diseño de la página web en un borrador (Figura 12), como se muestra en la Figura 8, tomando como referencias páginas como las de Netflix [25] o HBO [26] cuyos diseños de imágenes grandes, separadas unas de otras y, en el caso de Netflix, con animaciones al situar el ratón encima de las mismas, sirvieron de inspiración para el proyecto. También se visitó la página oficial de Steam [27] donde se hace un gran uso de los carruseles y las listas detalladas, pero estos diseños llamaron menos la atención.

Finalmente se escogió un diseño sencillo de tarjetas con una pequeña imagen y una descripción en cada una, las cuales realizan una animación al pasar el ratón por encima. Para ello, se hizo uso de la página de Bootsnipp [28] y se utilizó parte de un código (también conocido como snippet) subido por un usuario de la plataforma afín a las necesidades requeridas el cual usaba propiedades de la herramienta de Bootstrapp [29].

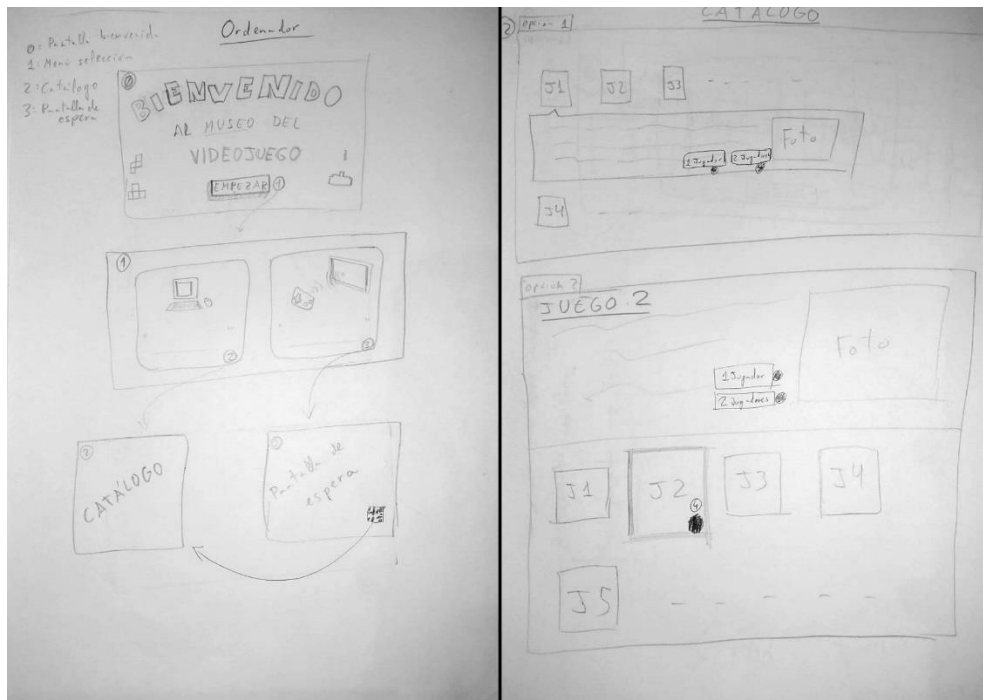


Figura 12: Bocetos iniciales del MIV

4.1.2 Catálogo a través de un navegador

Para la versión de la página se añadió una cabecera con una imagen y un título y se modificaron las imágenes mostradas en el snippet sustituyéndolas por los logos de los juegos. También se añadió un botón de jugar a la parte frontal mientras que, en la parte trasera, se añadió una foto del juego ejecutándose junto a una descripción y, de nuevo, el botón de jugar. Las tarjetas en un principio muestran su parte frontal y, cuando el usuario sitúa el ratón encima de una de ellas o (en caso de estar en móvil) toca la tarjeta, esta realiza una animación que gira la tarjeta, mostrando la parte trasera.

Las tarjetas varían sus posiciones dependiendo de las dimensiones de la pantalla gracias a la herramienta de Bootstrap [29], mostrando filas de tres juegos en pantallas grandes, dos en pantallas más pequeñas y una sola tarjeta por fila en caso de pantallas pequeñas como se muestra en la Figura 13. Para pantallas de móvil extremadamente pequeñas se tuvo incluso que modificar el tamaño original de las tarjetas.

Cuando el usuario pincha sobre el botón de “Jugar”, la página redirige al usuario a la url del juego, desde el cual podrá volver al catálogo mediante el menú de pausa y la opción “salir” o bien retrocediendo a la página anterior mediante las herramientas del navegador.

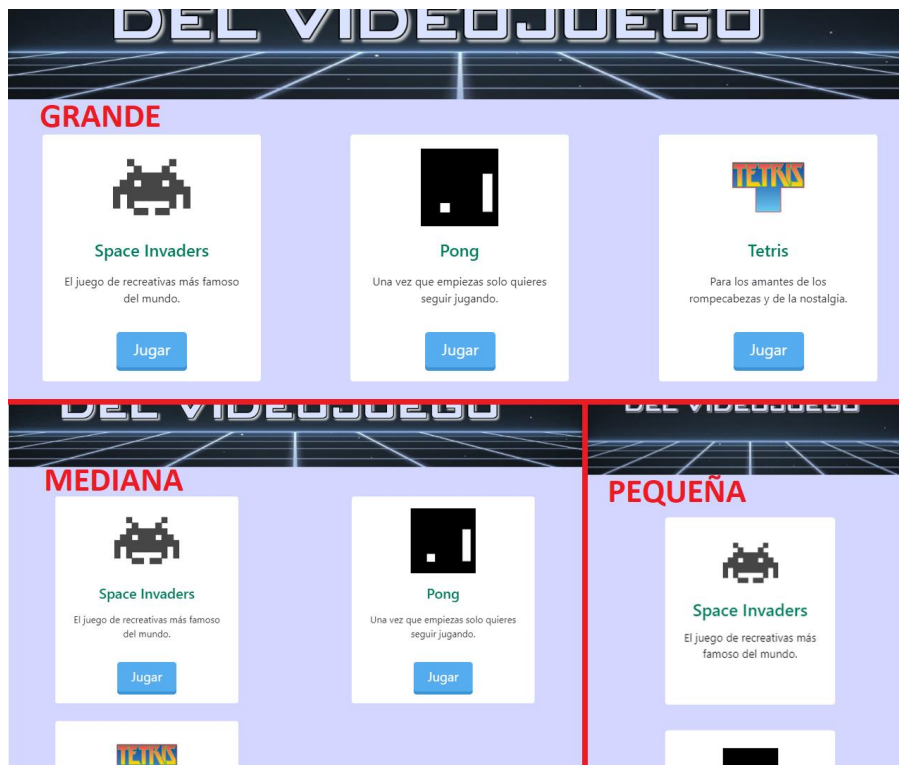


Figura 13: MIV en diferentes medidas de pantalla

4.1.3 Catálogo del modo exposición

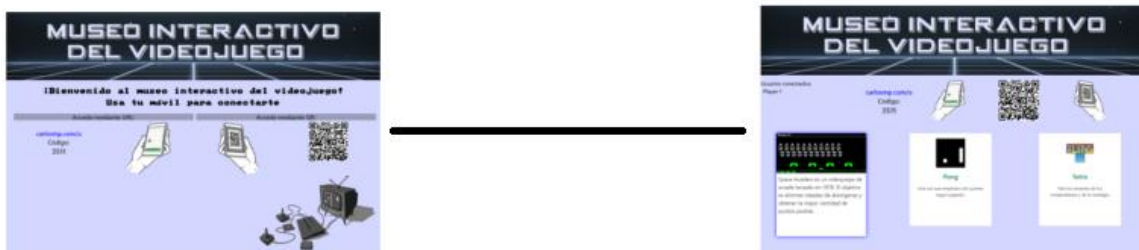
Para el modo exposición, se ha creado otra pantalla en la cual se muestra un mensaje de bienvenida y un número de cuatro dígitos junto a un código QR como se explicaba en el capítulo anterior. Para la generación automática del código QR que redirige directamente a la URL con el código se ha utilizado la librería qrcode.js [30].

Cuando el usuario se conecta, hace uso de los websockets (como se explica más adelante) para establecer un vínculo con el equipo que muestra el museo y poder así enviar información a través del servidor, el cual es el encargado de gestionar el traspaso de información entre ambos clientes. Al crear esta conexión, en la pantalla se visualiza el catálogo y en el móvil aparece un mensaje de bienvenida junto a un botón de “Aceptar”. Al pulsar este botón, el jugador visualiza un mando en su móvil en pantalla completa que usará para controlar el catálogo y los juegos mediante los websockets (Figura 14).

El mando, aunque no sea un juego como tal, está programado con el framework de videojuegos Phaser [31], del cual se habla más adelante en el apartado de implementación de los juegos, y consta de varios elementos:

- “PAD”: Esta imagen con forma de cruceta está dividida en cuatro triángulos cuyas esquinas coinciden en el centro. Esto hace que cuando se pulse sobre ella podamos calcular en que parte de la cruceta ha pulsado el usuario.
- “A”, “B” y “salir”: Estos iconos rectangulares simulan tres botones y cada uno envía una información diferente como se explica más adelante.
- Texto: En la parte superior de la pantalla se indica el número del jugador. Este número se asigna a cada usuario por orden de llegada y se reasigna en caso de que un usuario desconecte su móvil.

Pantalla



Móvil

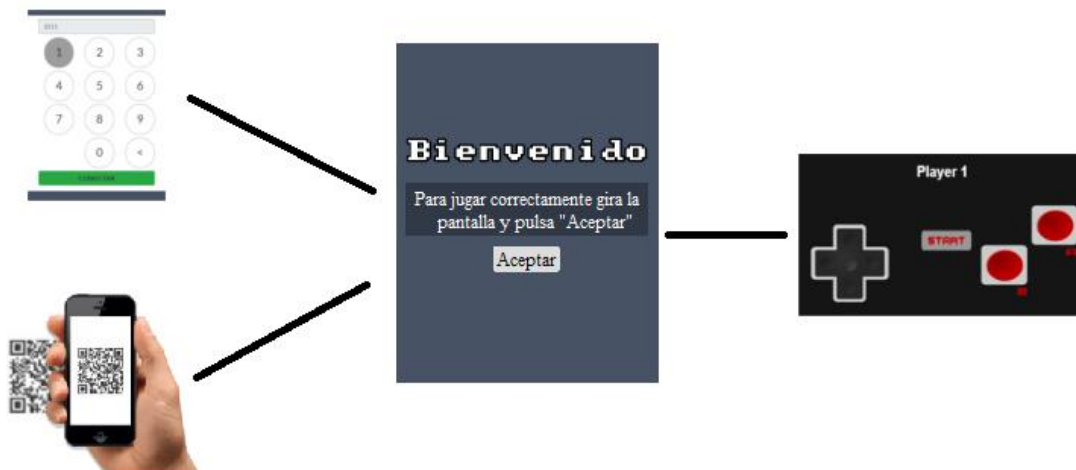


Figura 14: Flujo de pantallas en la conexión al modo exposición

Al ser controlado de forma remota desde un móvil (sin ratón ni eventos de toque en una pantalla táctil) la pantalla debe mostrar de forma visual al usuario el juego que está escogiendo actualmente y la acción que realiza cuando el usuario selecciona un juego distinto. Para ello se ha hecho uso de jQuery [32] para girar la carta seleccionada junto con una serie de estilos para resaltar el juego aumentando el tamaño de la tarjeta y dotándola de un borde luminoso.

En todo momento, el usuario visualiza el mando y su pantalla no cambia hasta el momento de desconexión.

En definitiva, el resultado final es una página web adaptativa que se ajusta a cualquier tamaño de pantalla y que es tanto intuitiva como sencilla y descriptiva, cuyo modo exposición guía de manera clara al usuario para acceder a la funcionalidad de este modo.

4.1.4 Organización y nuevos juegos

Aunque este prototipo del museo cuente con solamente tres juegos, el MIV está preparado para la llegada de nuevos juegos de manera sencilla y rápida, así como para un cambio a un nuevo servidor con un dominio o IP distintas al actual. Esto se debe a la organización del servidor el cual consta de varias carpetas importantes como se muestra en la Figura 15.

Para trasladar el museo a otro servidor, es necesario tener instalado Node.js [33]. Una vez copiados los archivos deberemos configurar el archivo `appWebSockets.js` con las nuevas rutas para que el servidor pueda desplegarse en el nuevo entorno ejecutándolo desde Node y cambiar el archivo `config.js` de la carpeta `conf` con las nuevas URLs en las que está desplegado el museo.

Para añadir un nuevo juego al entorno, solo se deberá crear una carpeta en el directorio `Games` de la carpeta `public` con el nombre del nuevo juego para añadir los nuevos archivos y modificar el archivo de configuración `games.json` de la carpeta `conf` añadiendo los datos referentes al título del juego, descripción (corta y larga), ruta de la url que redirige al juego, ruta donde se encuentran la imagen del logo y la imagen del juego y si se puede jugar en modo exposición o no (Figura 16). Una vez hecho esto, el museo gestionará automáticamente el cambio, añadiendo el nuevo juego al museo. Esto ocurre debido a que el catálogo de juegos se carga de manera dinámica haciendo uso del archivo de configuración.

Además, en la carpeta `conf`, existe un archivo llamado `socket.js` el cual sirve como plantilla a la hora de añadir nuevos juegos al modo exposición. Simplemente se deberá crear una copia del archivo en la carpeta del juego y modificar las acciones que realiza cada evento de pulsación, es decir, ajustar al nuevo juego las acciones (simulación de teclas, llamadas a funciones, cambio de variables...) que se realizan cuando se pulsa o deja de pulsar una de las teclas del mando que aparece en el móvil del usuario (Figura 17).

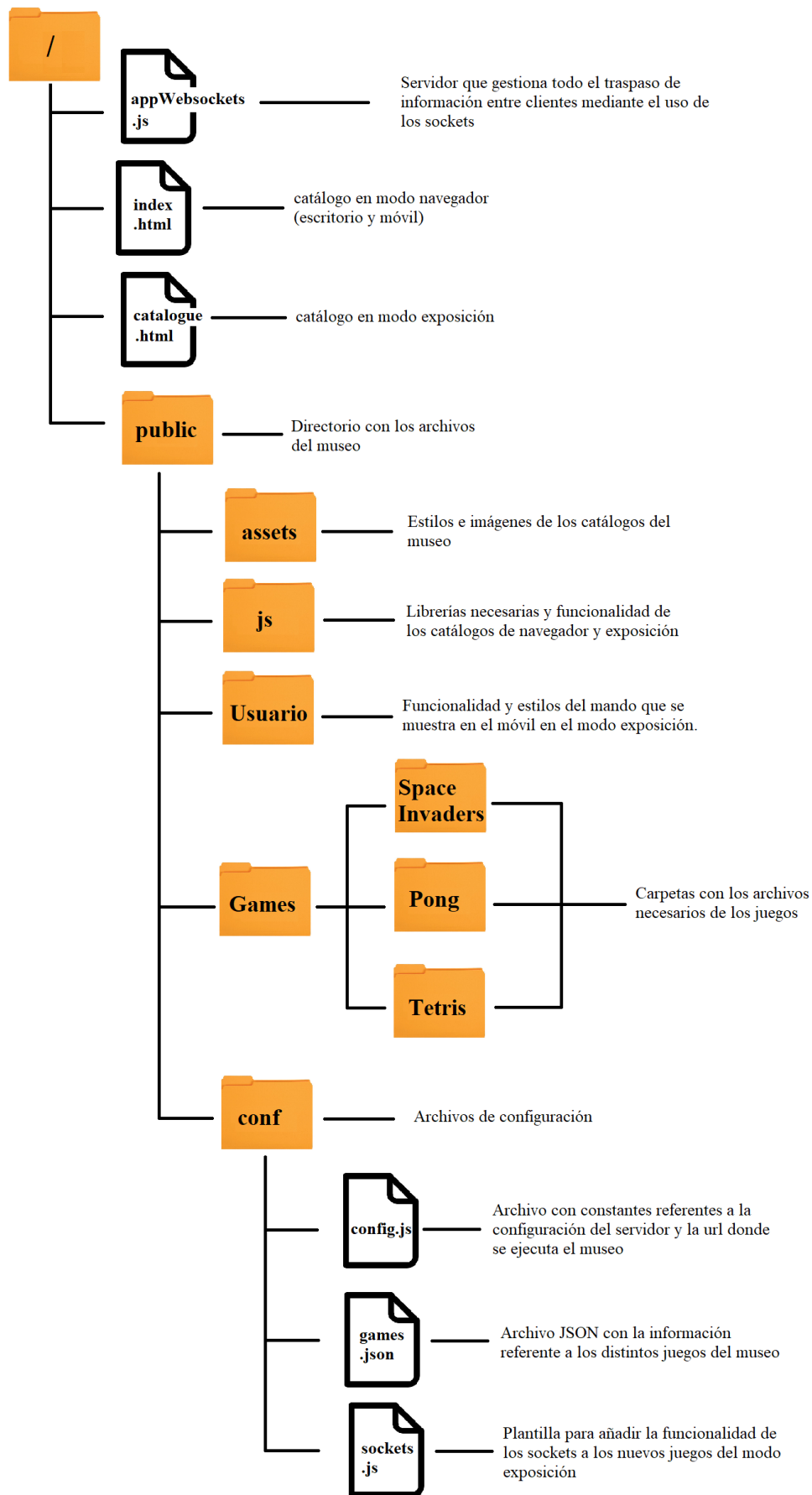


Figura 15: Organización del trabajo en carpetas

```

{
  "id": "spaceinvaders",
  "title": "Space Invaders",
  "short_desc": "El juego de recreativas más famoso del mundo.",
  "long_desc": "Space Invaders es un videojuego de arcade lanzado en 1978",
  "url": "https://carlosmp.com:4001/SpaceInvaders",
  "logo": "./assets/imagenes/spaceInvadersLogo.png",
  "info_img": "./assets/imagenes/spaceInvadersInfo.png",
  "exposition_allow": true
},

```

Figura 16: Archivo con la información de los juegos

```

switch(data.userdata.key) {
  case "A_on": { // El jugador comienza a pulsar el botón A
    cursors.space.isDown = true; // tecla por defecto: espacio
    cursors.space.isUp = false;
    break;
  }
  case "A_off": { // El jugador deja de pulsar el botón A
    cursors.space.isDown = false; // tecla por defecto: espacio
    cursors.space.isUp = true;
    break;
  }
}

```

Figura 17: Extracto del archivo sockets.js

4.2 Websockets

Los websockets son una herramienta dedicada a la comunicación entre el cliente y el servidor de manera que ambos puedan enviarse información unos a otros sin la obligación de que uno tenga que esperar la pregunta del otro [34]. En una conexión normal de cliente-servidor, el servidor espera a una interacción por parte del usuario y, cuando este envía una petición, el servidor responde en base a la pregunta del usuario. Esto cambia con el uso de websockets ya que proporcionan un canal de comunicación bidireccional entre el cliente y servidor, es decir, el servidor es capaz de enviar información al cliente sin que este se lo pida. Este tipo de tecnología se usa sobre todo a la hora de crear un chat online grupal donde cuando un usuario escribe un mensaje y lo envía, el servidor lo recibe y no solo responde al usuario, sino que responde a todos los clientes del grupo, aunque ellos no hayan interactuado con el servidor (Figura 18).

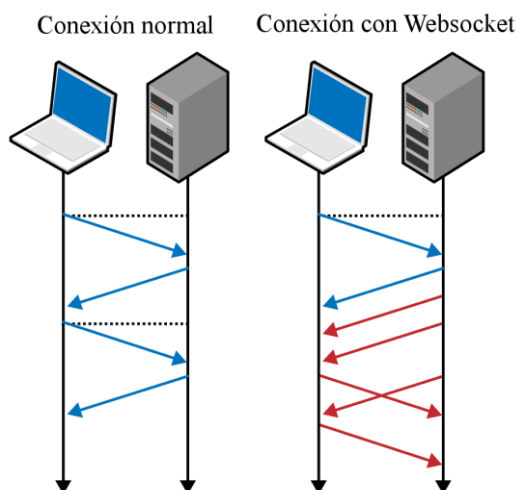


Figura 18: Conexión normal frente a conexión con websockets

En el caso de este trabajo, se ha hecho uso de la librería Socket.io [35] para el uso de websockets. Estos son usados para crear una conexión de manera que el usuario o usuarios envían información al servidor desde sus móviles y este envía la información a la pantalla donde se está ejecutando el catálogo y los juegos, de manera que se consigue una experiencia parecida a la de un mando a distancia.

La librería de socket.io ofrece dos métodos para detectar automáticamente una conexión y una desconexión al servidor. En el caso de la desconexión, este método es muy útil a la hora de realizar acciones cuando el usuario cierra o recarga la página.

4.2.1 Conexión

Cuando un usuario accede a alguna de las páginas, la librería de Socket.io provoca que se lance automáticamente un aviso al servidor alertando de que se ha producido una conexión.

Cuando un cliente cuyo objetivo es hacer de pantalla se conecta en el modo exposición, el servidor crea un socket que almacena y al cual le asigna un número (*rand_num*), esto permite la conexión de otro cliente para poder disfrutar de distintas instancias del museo en diferentes pantallas al mismo tiempo. Este número es enviado al cliente (de ahora en adelante referido como *pantalla*), quien lo muestra y crea un código QR que redirige a una url con él (Figura 19).

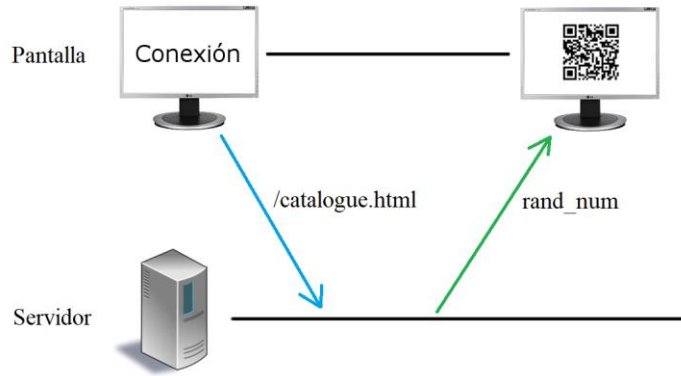


Figura 19: Acceso del equipo con la pantalla al modo exposición

Cuando un usuario accede al modo exposición para conectarse, ya sea mediante la url que muestra la pantalla e introduciendo el número o mediante la lectura del código QR, se envía el número al servidor. Este, tras comprobar que el número es correcto y existe un socket asignado a ese número, responde tanto al usuario como a la pantalla avisando de que la conexión ha sido correcta: a la pantalla se le envía la posición del jugador (en este caso, la 1, ya que no había más jugadores) y muestra el catálogo de juegos mientras que en el móvil se envía un identificador de usuario (user_id) y la posición del jugador y se muestra un mensaje de bienvenida y el botón “aceptar”. Cuando el jugador pulsa este, se muestra el mando en el cual aparece “Player 1” en la parte superior de la pantalla del móvil (Figura 20).

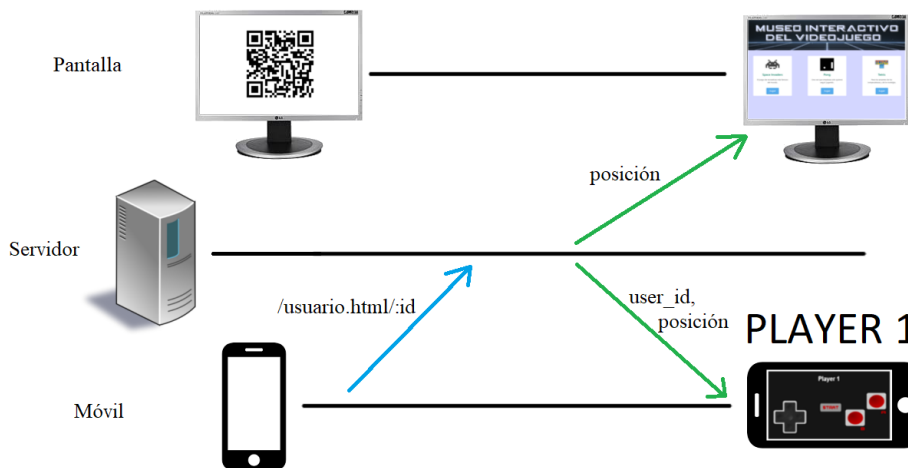


Figura 20: Conexión de un jugador al museo

En caso de que otro usuario se conecte al mismo juego, el servidor lo recibe y, dado que detecta que ya hay un primer jugador conectado debido a que la posición que se le envía es la segunda, la pantalla solo indica que hay un usuario más en su lista de usuarios conectados. En cambio, en el móvil del segundo jugador, se crea el mando al igual que en el caso anterior, solo que este muestra “Player 2”, indicando que es el jugador número dos (Figura 21).

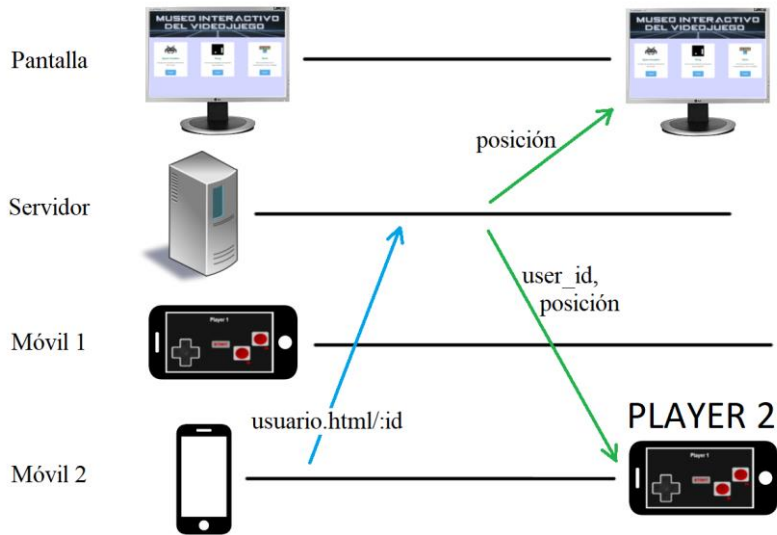


Figura 21: Conexión al MIV de un segundo jugador

En este momento, ambos jugadores ya pueden enviar información al servidor para que este se la reenvíe a la pantalla, ejecutando las acciones requeridas.

4.2.2 Desconexión

La librería también reconoce cuando un socket causa una desconexión, ya sea porque se ha cerrado la página o porque se ha recargado (esto último provocaría la desconexión y posteriormente una nueva conexión).

Cuando se produce una desconexión por parte de la pantalla, el servidor simplemente elimina el socket del juego, lo que hace que los usuarios dejen de poder enviar información a ese socket cuando pulsan una tecla a través del método *press_key* (Figura 22).

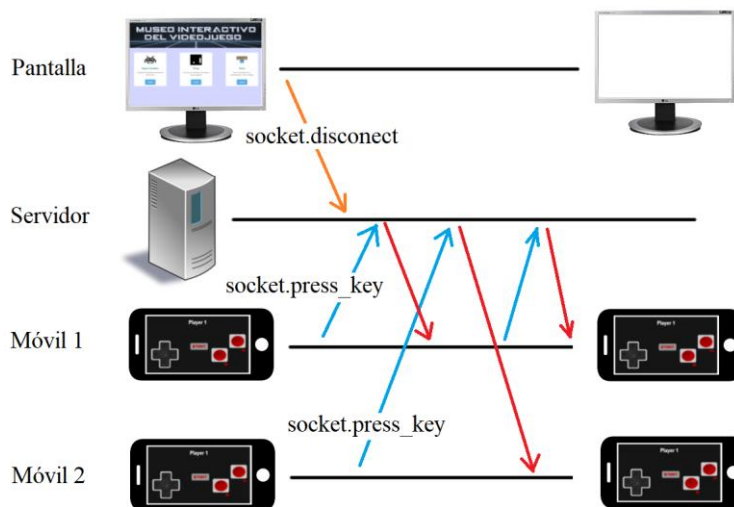


Figura 22: Desconexión del equipo con la pantalla

Si la desconexión se produce por parte de un usuario y aún quedan usuarios conectados, el socket del usuario es eliminado y el servidor reorganiza los números de los jugadores restantes y avisa tanto a la pantalla, que modifica su lista de jugadores conectados, como al resto de jugadores, enviándoles la posición del jugador que se ha desconectado y reasignándoles un nuevo número en caso de ser necesario. Esto afecta a la etiqueta donde se muestra “Player 1” en los móviles de los usuarios y al control sobre el museo según la lógica del siguiente apartado (Figura 23).

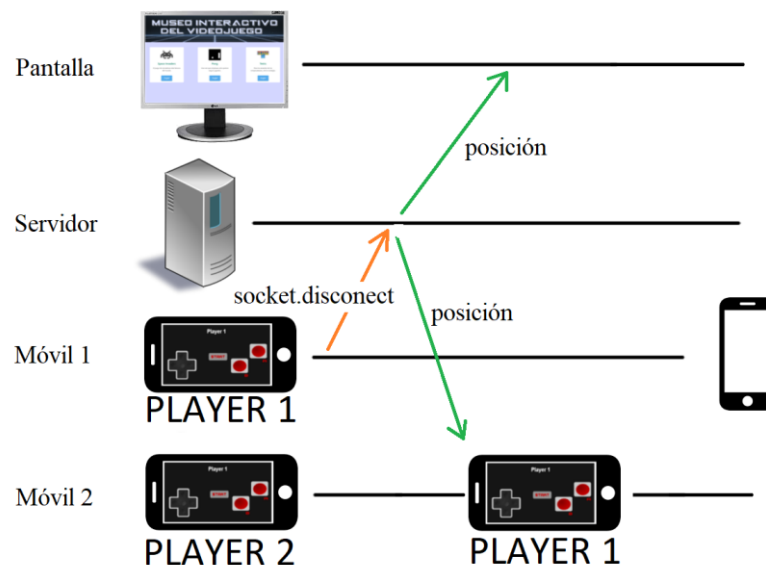


Figura 23: Desconexión de un usuario con varios conectados

En caso de que solo haya un jugador y este cause una desconexión, se elimina el socket del usuario y se fuerza un refresco de la página de la pantalla, lo que provoca una desconexión por parte del socket de la misma y una nueva conexión con un nuevo socket (Figura 24).

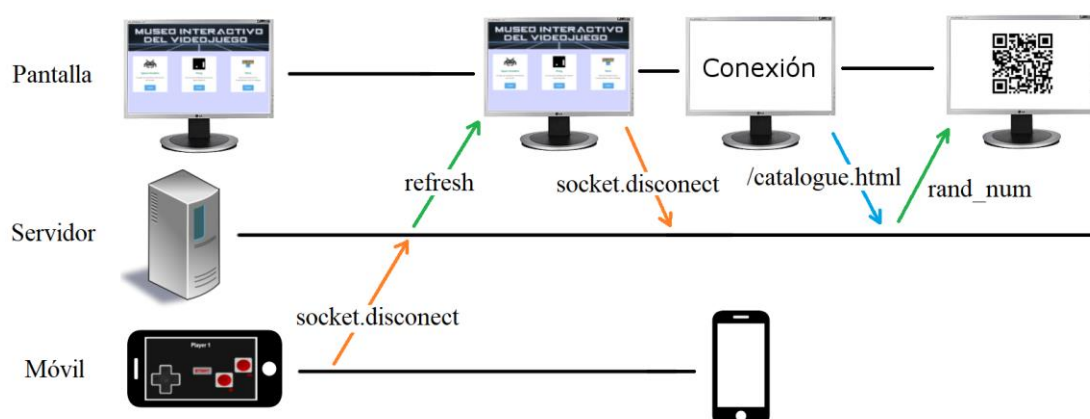


Figura 24: Desconexión del último usuario conectado

Cuando la pantalla se conecta, el servidor crea un *timeOut*, una función propia de JavaScript [23] utilizada para ejecutar una función tras transcurrir el tiempo indicado. Este *timeOut*, tras dos minutos, manda una señal tanto a la pantalla como a los usuarios de que deben refrescar la página. Al hacer esto, todos los clientes se desconectan y vuelven a conectarse lo que produce que el vuelva a su pantalla de espera y los usuarios sean redirigidos a la url donde deben introducir el número. Este *timeOut* se reestablece cada vez que algún usuario manda una petición, es decir, cada vez que un usuario se conecta o cada vez que pulsa una tecla. Así, cuando los usuarios dejan de jugar, si estos han olvidado desconectarse y pasan dos minutos sin enviar información, el servidor cerrará sus sesiones refrescando sus páginas (Figura 25).

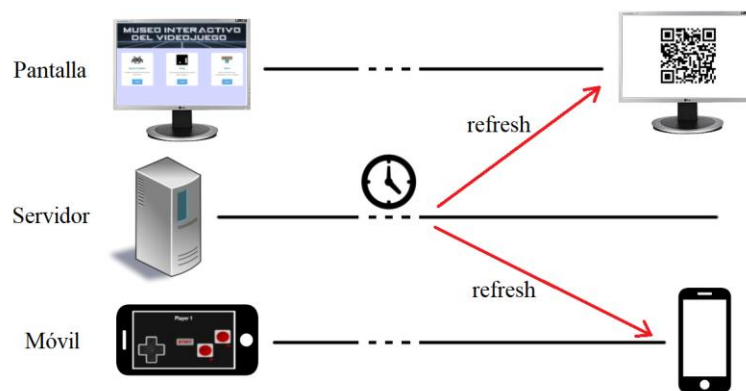


Figura 25: Expiración del tiempo de espera

4.2.3 Jugar

Una vez conectados los usuarios, estos pueden enviar distinta información desde sus móviles al servidor mediante los diferentes botones. Todos los botones son capaces de enviar dos tipos de información: una cuando se pulsan y otro cuando se dejan de pulsar. Así, el servidor es capaz de enviar la información a la pantalla de cuando se pulsa o se suelta una dirección del “PAD” o de alguno de los botones. Estos eventos son enviados al servidor, además, con la información necesaria para saber a qué pantalla debe enviar la información (*socket_id*), por si hay más de un navegador accediendo al museo en otro sitio. Tras ello, el servidor envía la información de qué jugador ha pulsado su móvil y qué tecla ha pulsado (Figura 26).

En los juegos anteriormente presentados, cuando la pantalla recibe una información de que se ha pulsado un botón, se simula la pulsación de una tecla de ordenador y, cuando recibe la información de que ese botón ha dejado de pulsarse, simula el levantamiento de la tecla. Esto hace que las modificaciones en el código hasta entonces desarrollado fuesen mínimas o incluso nulas.

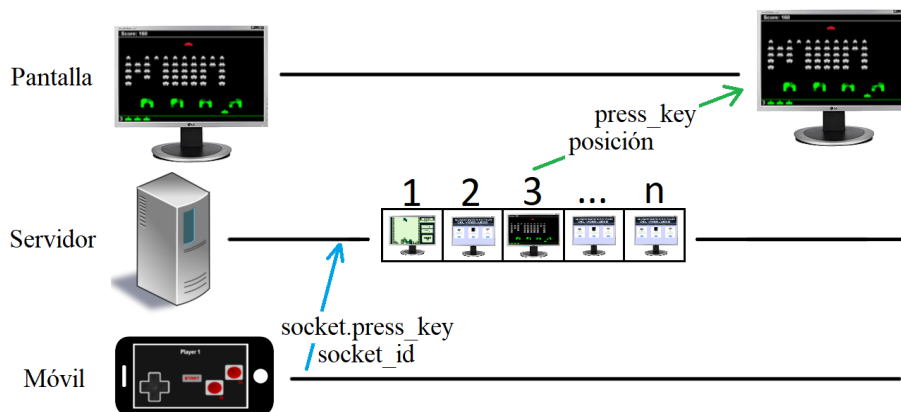


Figura 26: Envío de datos del jugador a la pantalla

Por ejemplo, en el juego *Space Invaders*, si un usuario pulsa en la parte derecha del “PAD” de direcciones de su móvil, este notifica al servidor, quien envía esta información a la pantalla, la cual simula una pulsación de la tecla de dirección derecha, haciendo que la nave se mueva. Cuando el jugador levanta el dedo de la pantalla, se produce el mismo procedimiento y la pantalla simula que el usuario ha dejado de pulsar la tecla, haciendo que la nave se detenga.

Cuando un jugador presiona un botón, no solo envía información sobre el botón que ha pulsado, sino también sobre qué posición ocupa en el orden de jugadores. Con esto, podemos saber que jugador ha pulsado en su móvil y actuar en consecuencia: en el catálogo de juegos, el único con control sobre él será el jugador 1 y será el que podrá escoger el juego. Una vez escogido, si el juego es de un solo jugador, solo obedece al jugador 1, mientras que, si es de dos jugadores, puede recibir información de ambos, pero no del jugador 3 en adelante.

En el caso de *Pong*, un juego para dos jugadores, cuando el jugador 1 envía información, la pantalla simula una pulsación de teclas, mientras que, si la información la envía el jugador 2, simula la pulsación de otras. Así, podemos hacer que cada jugador controle una raqueta del juego, ya que, en el modo de navegador de escritorio, cada raqueta se controla con diferentes teclas del teclado (Figura 27).

En conclusión, los websockets ofrecen muchas ventajas a la hora de crear comunicaciones entre clientes y servidor de manera que un cliente pueda mandar información a otro cliente de manera instantánea, algo imposible de realizar con una comunicación unidireccional entre cliente y servidor. De esta manera, conseguimos que un usuario, desde un móvil y a través del servidor, sea capaz de enviar información a la pantalla que está viendo y controlar el estado de la pantalla sin necesidad de descargar ningún tipo de aplicación externa.

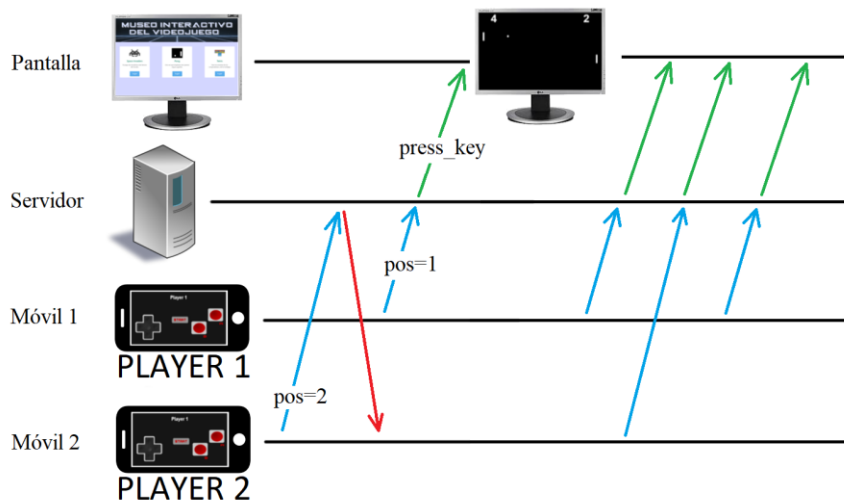


Figura 27: Envío de datos antes y después de entrar a un juego multijugador

4.3 Phaser

Para este trabajo, se ha utilizado el framework para el desarrollo de videojuegos Phaser [31]. Este framework permite programar juegos para navegadores tanto de móvil como de escritorio usando HTML5 y Javascript.

Phaser ofrece muchas herramientas para crear cualquier tipo de juego. Un ejemplo son las físicas que ya tiene implementadas con las que podemos dar a un sprite o imagen una velocidad, aceleración, gravedad... además de direcciones en los ejes “x” e “y”. Otra es la posibilidad de crear grupos de sprites que se comporten de la misma manera y poder programar la funcionalidad de los mismo cuando colisionan con otros sprites.

El framework también cuenta con una gran comunidad de usuarios que constantemente suben *snippets* (o trozos de código) con multitud de ejemplos y preguntas en foros que ayudan enormemente con cualquier tema y duda, además de contar con varios tutoriales por parte de los creadores, con los cuales se puede aprender de manera clara y correcta.

Todo esto hace de Phaser un framework potente y sencillo de usar muy recomendado para la programación de videojuegos mediante tecnologías web, sobre todo juegos dirigidos a móviles.

4.4 Space Invaders

Space Invaders fue el primer juego en ser programado aprovechando que consta de distintos elementos que interaccionan entre sí, siendo una buena forma de aprender Phaser. Estos

elementos pueden moverse, colisionar, destruirse y reproducir animaciones y sonidos siguiendo su propia lógica, separada del resto de elementos, dejando la lógica del juego centrada en las colisiones entre ellos (Figura 28).

Los sprites de estos elementos, tras un tiempo buscando sin resultados satisfactorios, fueron creados desde cero con la ayuda de la herramienta Piskel [36]. Los sonidos y la música, por otro lado, fueron obtenidos de la página de Classic Gaming [37] siendo editados algunos (como el sonido del ovni) con el editor online Twisted Wave [38].

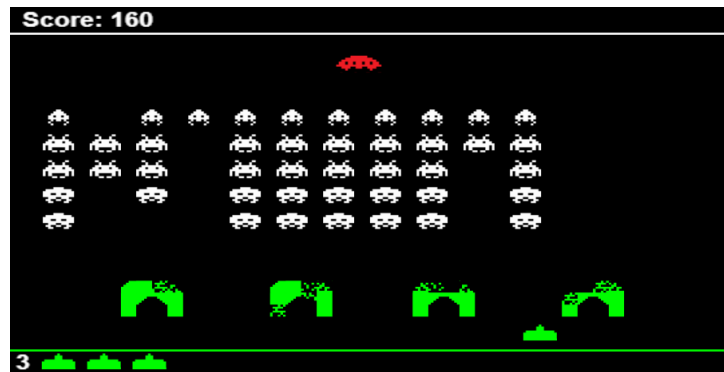


Figura 28: Space Invaders

4.4.1 Escenas

Space invaders se divide en varias escenas diferentes que se muestran al usuario en diferentes situaciones tales como al iniciar el juego o al pausarlo. En la Figura 29 se puede ver un esquema de las transiciones entre pantallas. En cuanto al HUD o Head-Up Display que se detalla en este apartado, forma parte de la escena de juego, por lo que no se muestra en el esquema.

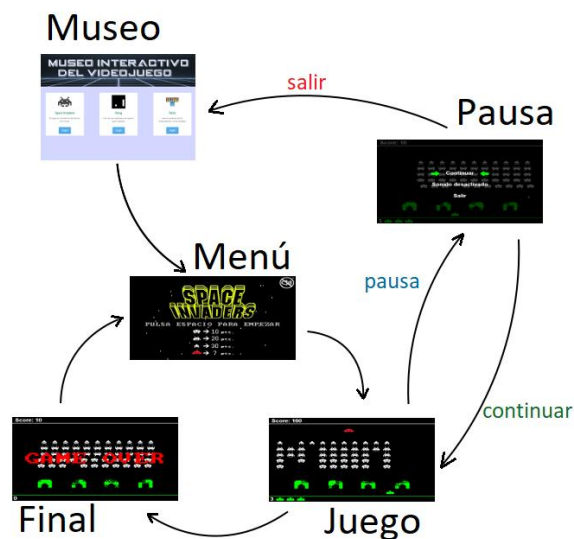


Figura 29: Esquema de las escenas de Space Invaders

Menú principal

El juego, nada más empezar, muestra una pantalla de espera mientras se cargan todos los archivos necesarios. Tras esto, aparece el menú principal, un menú formado por una imagen con el título del juego con un grupo de sprites con forma de bala que se crean en la parte inferior de la pantalla y que se destruyen al llegar a la parte superior. También aparece un texto que nos indica que debemos hacer para empezar la partida.

Una vez comencemos el juego, los sprites cargados previamente se muestran en pantalla, dando comienzo al juego, donde cada entidad sigue su propio ciclo de actualización.

HUD

Durante el juego, hay dos zonas de la pantalla separadas por una línea que son visibles por el jugador en todo momento.

En la parte de arriba, se puede ver la puntuación actual. Esta puntuación aumenta con cada enemigo que se destruya, siendo 10 puntos por cada enemigo de las filas de abajo, 20 por los de en medio, 30 por los de la última fila y 100 en el caso del ovni.

En la parte inferior, si se juega desde un ordenador o en el modo exposición, veremos un número junto a unas imágenes de naves como la del jugador, indicando las vidas que le quedan. En móvil, además de esto, se muestra el dibujo de un joystick indicando la manera de mover la nave llevándolo a un lado u otro junto a un botón con el dibujo de un misil, usado para ejecutar la acción de disparo.

El jugador comienza con tres vidas y cada vez que una bala enemiga le alcanza, el número de vidas se reduce en uno, acabando la partida en caso de llegar a cero. Por otro lado, cada vez que el jugador consigue una puntuación de 1.000 puntos, recupera una vida hasta un máximo de ocho.

Pantalla de pausa

En todo momento, el jugador puede presionar el botón de pausa. Esto detendrá el juego y mostrará un menú con varias opciones.

La primera (“continuar”) reanudará el juego instantáneamente, la segunda opción indica si el sonido está o no activado, pudiendo cambiarlo y, por último, la opción de “salir” devuelve al usuario al catálogo de juegos.

Final del juego

En caso de que el jugador pierda todas sus vidas o que los enemigos colisionen con la parte inferior del juego, éste se dará por concluido, mostrando una imagen de “Game Over” y devolviéndonos de nuevo al menú principal una vez transcurridos unos segundos.

4.4.2 Entidades

Las diferentes entidades de *Space Invaders* están formadas por sprites o bien por grupos de sprites que interaccionan entre sí y que cuya organización se detalla en la Figura 30.

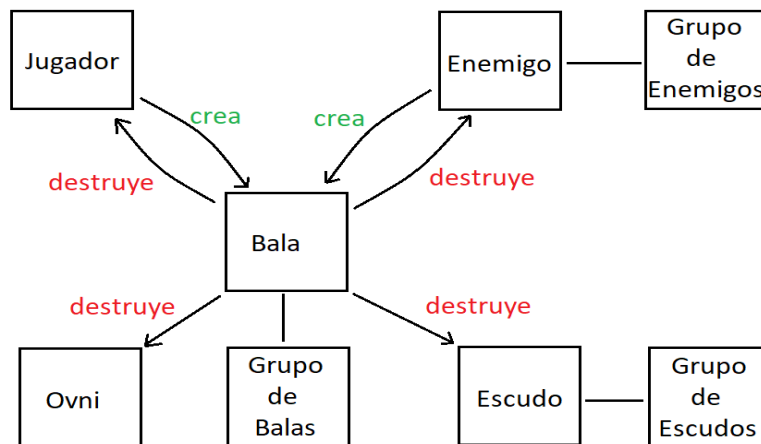


Figura 30: Entidades de *Space Invaders* y sus relaciones

Jugador

En la parte inferior de la pantalla aparece una nave verde controlada por el jugador, por lo que en todo momento está a la espera de que este ejecute alguna acción.

Cuando la acción es de movimiento, se le da a esta entidad una velocidad en el eje horizontal para desplazar la entidad a un lado u otro de la pantalla.

Si se ejecuta la acción de disparo, se crea una entidad bala en la posición del jugador. Esta bala se usará para eliminar enemigos como se explica más adelante.

La nave en su estado normal no cambia de imagen, pero, cuando una bala enemiga la alcanza, se ejecuta una animación para simular la destrucción de la nave.

El jugador tiene tres vidas al comienzo de la partida. Estas vidas se restan cada vez que una bala enemiga nos alcanza, terminando el juego cuando llegan a 0.

Enemigos

Los alienígenas enemigos del *Space Invaders* son un icono inconfundible del mundo de los videojuegos, en especial el que se encuentra en la segunda y tercera fila de enemigos. En el juego, se crea una cantidad de enemigos de 11 filas por 5 columnas, dando un total de 55 alienígenas en pantalla. Para simular el juego original, los enemigos tienen un lapso de tiempo y, en lugar de mostrarse rápidamente, van apareciendo uno a uno. Esto da una sensación de carga a la vez que prepara al jugador antes de empezar la partida. Una vez aparecen todos en pantalla, comienzan su movimiento y su acción de disparo.

Una de las tareas más complicadas fue recrear el movimiento de los alienígenas siendo fiel al videojuego original. Esto se debe principalmente a que el grupo avanza horizontalmente por filas, es decir, primero se mueve la fila de abajo, después la siguiente, y así sucesivamente hasta que la última termina de moverse y empieza de nuevo, y verticalmente en conjunto, es decir, cuando llegan al extremo, todo el grupo de alienígenas avanzan una posición hacia abajo al mismo tiempo y empiezan de nuevo su movimiento horizontal hacia el lado opuesto.

A diferencia del jugador, este movimiento no se ejecuta a una velocidad constante, sino que sobrescribe directamente la posición de estos sobre el eje “x” e “y” para simular el movimiento del juego original.

Además de avanzar por la pantalla de lado a lado y hacia el jugador, estos enemigos van cambiando de frame o imagen con cada desplazamiento, creando una sensación de movimiento en ellos. Cuando los enemigos son alcanzados por una bala del jugador, muestran un frame simulando una explosión antes de desaparecer (complicando así el movimiento, ya que, si esa fila se está moviendo, la explosión debe permanecer en el sitio). Cuando esto ocurre, la velocidad del resto de los enemigos aumenta exponencialmente, siendo casi imperceptible al principio, pero con una notoria diferencia cuando quedan pocos.

Cada cierto tiempo, se crea una entidad bala que avanza hacia el extremo inferior de la pantalla. Esta bala se crea en una de las posiciones (escogida de forma aleatoria) de los enemigos que aún están en pantalla.

Cuando todos los enemigos son destruidos, se vuelve a crear el grupo de enemigos tal y como se hace al principio y se aumenta la dificultad haciendo que, al crearse, la distancia al jugador se reduzca. Este proceso se repite cada vez que se eliminan todos los enemigos, acercándolos cada vez más al jugador y complicando así el juego.

Ovni

Aleatoriamente, aunque con un mínimo tiempo antes de volver a aparecer, se crea una entidad de tipo ovni que cruza la pantalla de lado a lado horizontalmente. Este ovni no ataca al jugador, por lo que su única función es recompensar al usuario con un gran aumento de la puntuación en caso de que este consiga alcanzarlo con una de sus balas.

Escudos

En pantalla, aparecen desde el principio de la partida cuatro grandes paredes de color verde entre medias del jugador y los enemigos. Estas paredes están formadas por pequeñas entidades con diferentes siluetas para crear el conjunto de este muro.

Cada entidad consta de 3 vidas y cada vez que es alcanzada por una bala (ya sea de los enemigos o del propio jugador) se cambia su imagen dando la sensación de que esa parte del muro se está destruyendo. Cuando recibe 3 impactos, desaparece por completo, dando vía libre a las balas para que pasen por esa zona. Estos muros no se recuperan y no existe ninguna manera de que vuelvan a su estado original si reciben impactos.

Balas

Como se venía comentando en los apartados anteriores, tanto el jugador como los enemigos son capaces de crear entidades de tipo bala desde su posición.

En el caso del jugador, estas balas suben en línea recta hasta chocar contra un enemigo, un muro o el extremo superior de la pantalla. Durante el avance de ésta, basándonos en el juego original, el jugador no podrá crear más balas hasta que la que se ha creado colisione.

Por parte de los enemigos, estas balas se crean cada cierto tiempo en la posición de uno ellos hacia abajo. Estas balas no colisionan con el resto de enemigos, pero sí con el jugador, los muros o el lado inferior de la pantalla. Al contrario que con el jugador, estas balas se crean cuando transcurre un tiempo, independientemente de si existen más balas en pantalla o no.

Otra diferencia entre las balas del jugador y las de los enemigos es que la del jugador es corta y no reproduce ninguna animación mientras que las de los enemigos son más largas y pueden tener tres tipos de animaciones diferentes, aunque su lógica no cambie.

En conclusión, *Space Invaders* trabaja con una gran cantidad de entidades diferentes (los cuales pueden a su vez crear otros sprites), cada uno con su funcionalidad propia, lo que obliga a trabajar con distintos tipos de lógicas y con colisiones entre sprites, un juego donde diseñar bien cada elemento es fundamental para que funcione correctamente al interactuar con otros.

4.5 Pong

El videojuego *Pong* se creó principalmente con el fin de probar la interacción de dos jugadores en un mismo juego, por lo que a la hora de programarlo con Phaser fue relativamente sencillo en comparación con *Space Invaders*. Esto se debe a que los sprites son creados a partir de una sencilla imagen blanca y los textos son proporcionados por Phaser, dejando la programación, cuya lógica también era poco exigente, como principal foco.

En resumen, es un juego cuyo principal objetivo es crear una interacción entre dos jugadores, sobre todo para el modo exposición (Figura 31).

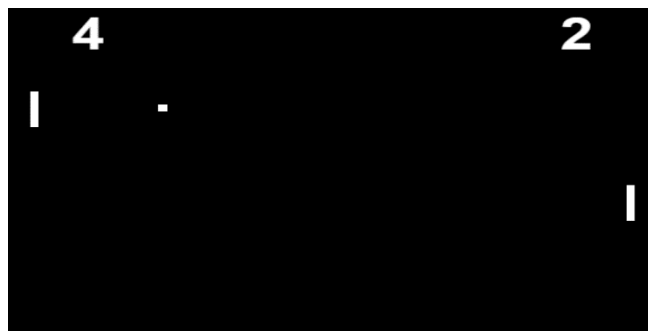


Figura 31: Pong

4.5.1 Escenas

Las escenas de *Pong* cambian ligeramente en función de si se está jugando en el modo de 1 jugador o en el modo de 2 jugadores. Aun así, la escena es la misma con ligeros cambios a la hora de mostrar mensajes. Al igual que en *Space Invaders*, el HUD está integrado dentro de la pantalla de juego, por lo que no se muestra en el esquema de la Figura 32.

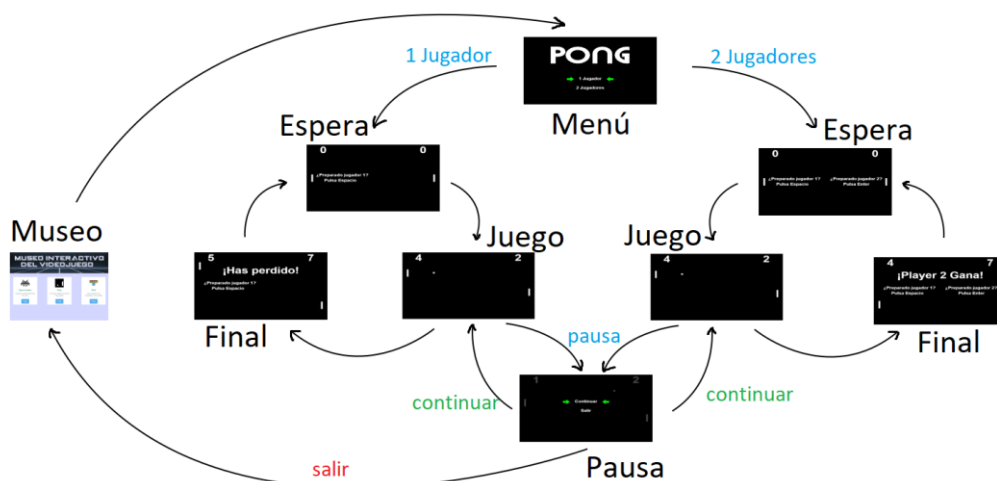


Figura 32: Esquema de las escenas de Pong

Menú

En el menú principal se nos mostrará una pantalla donde deberemos escoger, si está permitido, si queremos jugar en el modo de dos jugadores o en solitario contra un NPC (non-player character o, en español, personaje no jugador).

Pantalla de espera

Una vez hecho esto, tanto si estamos en el modo de un jugador como en el multijugador, se nos muestra una pantalla de espera con dos líneas blancas a cada lado que simulan las raquetas de los jugadores, dos marcadores y un mensaje con las instrucciones para que dé comienzo el juego. Estas instrucciones cambiarán dependiendo del modo en el que se juegue (escritorio, móvil o modo exposición).

Si se juega con un solo jugador, solo aparecerá un mensaje y, cuando este realice la acción requerida, dará comienzo el juego. Sin embargo, en el modo de dos jugadores, hay dos mensajes, cada uno dirigido a un jugador, con las instrucciones. Cuando uno de ellos realiza la acción en pantalla, su mensaje desaparecerá, pero el del otro jugador se mantendrá visible y el juego no dará comienzo hasta que este realice la acción también.

Durante la pantalla de espera, ningún jugador podrá realizar acciones de movimiento con sus raquetas.

HUD

En este juego, se ha vuelto a usar las facilidades que ofrece Phaser a la hora de crear, modificar y eliminar textos para crear diferentes mensajes dirigidos a los jugadores.

Ambos jugadores tienen en la parte superior del lado de la pantalla donde se encuentra su raqueta un marcador que indica la puntuación total que tiene cada uno durante el transcurso de la partida. Este marcador se encuentra a cero al inicio de la partida y va aumentando en uno cada vez que un jugador anota un punto (este punto se consigue haciendo que el contrincante no alcance la pelota, traspasando esta los límites de la pantalla).

Pantalla de pausa

Al igual que en *Space Invaders*, *Pong* cuenta con una pantalla de pausa que puede ser activada por cualquiera de los dos jugadores, aunque solo tendrá control sobre ella el jugador que la haya activado.

Esta pantalla, a diferencia de *Space Invaders*, solo cuenta con la opción de “continuar” la partida y la opción de “salir” para volver al catálogo de juegos.

Final del juego

Cuando alguno de los marcadores llega a 7, la pelota no vuelve a crearse y la partida acaba. En este momento, los jugadores pierden de nuevo el control sobre sus raquetas y se muestra en grande el jugador que ha ganado junto a una nueva pantalla de espera con las instrucciones de cómo indicar que están preparados para una nueva partida. La diferencia en esta pantalla de espera es que los marcadores del juego y las posiciones de las raquetas, así como el mensaje con el jugador que ha vencido, no desaparecen hasta que ambos jugadores indican estar preparados para una nueva partida.

4.5.2 Entidades

Como se comentaba anteriormente, *Pong* consta de muy pocas entidades que se relacionan entre sí, pero sigue siendo un juego interesante a la hora de combinarlo con un segundo jugador. La organización de las entidades se muestra en la Figura 33.

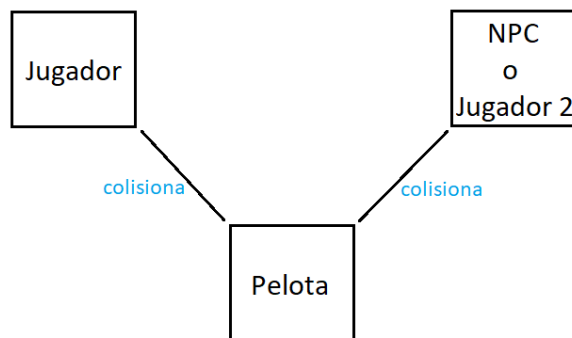


Figura 33: Entidades de Pong y sus relaciones

Jugador

En pantalla siempre aparecen dos entidades con forma de línea blanca a cada extremo de la pantalla. Cada jugador, ya sea un usuario real o un NPC, tendrá control de una de estas raquetas.

Cada vez que el jugador realiza la acción de movimiento, la entidad se mueve hacia arriba o hacia abajo, dependiendo de la intención del jugador. Cuando uno de los extremos de la raqueta colisiona con los bordes de la pantalla, esta se detiene hasta que el jugador decida moverla hacia el lado opuesto.

A la hora de incluir un segundo usuario controlando otra raqueta, se ha decidido hacer uso de las diferentes teclas del teclado, haciendo que dos de ellas controlasen la raqueta de la izquierda mientras que otras dos controlasen la raqueta de la derecha. Como veremos más adelante, a la hora de jugar en el modo exposición, el programa reconoce que jugador está enviando la información y finge la pulsación de unas teclas u otras para que cada jugador pueda mover su raqueta.

Pelota

Cuando el juego da comienzo, en pantalla aparece una nueva entidad con forma de cuadrado pequeño en la parte superior central simulando la pelota del juego. Esta pelota está siempre en movimiento en el eje horizontal con una velocidad constante y, aunque a veces avance hacia la izquierda y otras hacia la derecha, su velocidad no cambia nunca a lo largo de la partida.

Al principio de la partida, la pelota se mueve en diagonal hacia la izquierda y hacia abajo en dirección hacia el jugador 1, a no ser que este haya movido su raqueta. Cuando la pelota colisiona con la entidad jugador, su dirección cambia hacia el lado opuesto de la pantalla sin variar su valor en el eje horizontal.

La velocidad en el eje vertical, en cambio, sí varía su valor dependiendo de la posición donde haya colisionado la pelota con el jugador. Si la pelota colisiona en la parte central de la raqueta, su velocidad vertical se reduce a cero, avanzando en línea recta hacia el otro jugador. Por el contrario, si colisiona en el extremo de la raqueta, su velocidad tendrá un valor muy alto en el eje vertical, lo que produce una sensación de velocidad en la pelota, ya que, aunque tarde el mismo tiempo en llegar al otro extremo de la pantalla, avanza por esta mucho más rápido, siendo más difícil para el otro jugador prever la trayectoria final.

En el momento en el que un jugador no logre alcanzar la pelota, esta llegará a los límites de la pantalla y, una vez esto ocurre, el último jugador en tener contacto con la pelota es el ganador del punto. La pelota se destruye y se genera una nueva en la posición superior central como al principio de la partida. La diferencia en este caso es que la dirección inicial de esta varía en función del jugador que no consiguió alcanzarla, avanzando hacia él y permitiéndole ser el primero en decidir la trayectoria.

Cuando la pelota choca con los límites superior o inferior de la pantalla, simplemente cambiamos su trayectoria en el eje vertical, creando una sensación de rebote.

NPC (Non-Player Character)

El NPC de este juego es muy sencillo, ya que su única función es seguir en todo momento a la pelota, moviéndose en función de si la pelota está por encima o por debajo de los límites de la raqueta.

Esto hace que la raqueta controlada por el ordenador siga la trayectoria de la pelota, pero, al no calcular la posición final de la misma, falle en múltiples ocasiones. Si la pelota se mueve de manera muy horizontal, es muy probable que el NPC la alcance ya que se moverá hasta su posición y no dejará de seguirla en todo momento, mientras que, si el valor es muy grande, al intentar seguir la pelota a una velocidad menor (ya que la velocidad de movimiento de las raquetas es siempre la misma y puede llegar a ser menor que la de la pelota), es muy probable que no consiga alcanzarla.

En conclusión, este juego no requiere de una habilidad de programación tan grande como en el *Space Invaders* debido a que solo coexisten dos tipos de entidades que colisionan entre sí y no crean nuevas entidades, sino que solo cambian las velocidades y direcciones de una de ellas (la pelota). En cambio, la dificultad viene a la hora de añadir a un segundo usuario que juega al mismo tiempo.

4.6 Tetris

Al solo constar de dos juegos en el museo, se decidió programar un tercero para que el museo quedase más completo. El juego escogido fue el *Tetris* debido a su fama a nivel mundial y por ser uno de los grandes videojuegos de la historia.

Este juego tiene menos dificultad a la hora de crear entidades, ya que no tiene tantos como *Space Invaders*, pero la interacción entre ellos es mucho más complicada que en *Pong*, debido a la lógica con la que se comportan y el hecho de que debemos prever el movimiento antes de ejecutarlo, es decir, mientras que *Space Invaders* o *Pong* reaccionan a posteriori, cuando dos sprites colisionan entre sí, *Tetris* calcula primero si tras un movimiento podrían colisionar y dependiendo de la respuesta aplica una lógica u otra (Figura 34).

En este juego, tanto los sprites como el tablero han sido proporcionados por una diseñadora profesional, Elena Fernández Saavedra, ligada a un proyecto de innovación y mejora de la calidad docente, en el que se engloba este trabajo.

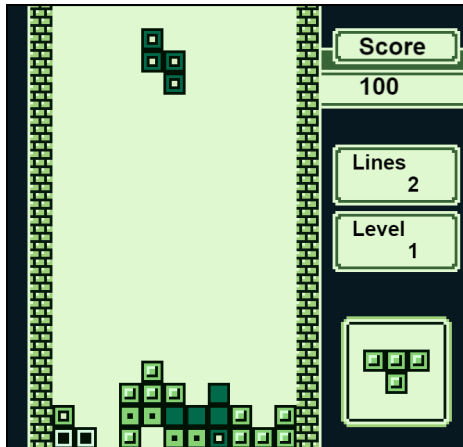


Figura 34: Tetris

4.6.1 Escenas

Las escenas de *Tetris* tienen una estructura muy similar al de *Space Invaders* y, como en el resto de juegos, el HUD tampoco se muestra en el esquema de la Figura 35 al ir integrado en la escena de Juego.

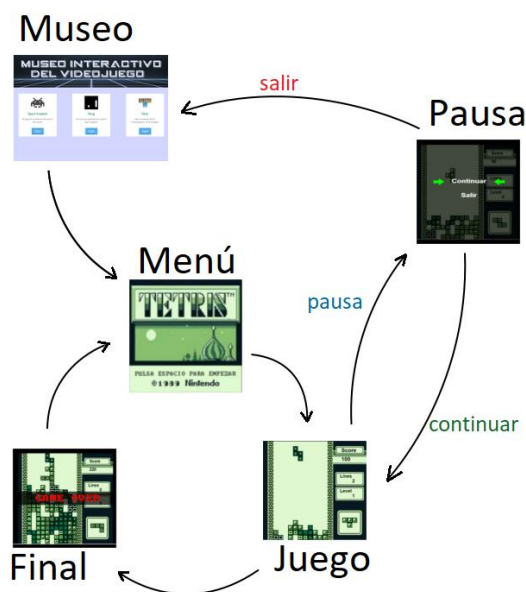


Figura 35: Esquema de las escenas de Tetris

Menú

Al igual que en los otros juegos, Tetris mostrará un menú principal antes de comenzar la partida con las instrucciones de cómo empezar. Este menú es meramente informativo y sirve para preparar al usuario antes de comenzar la partida.

HUD

En la parte superior derecha, en todo momento se nos indica la puntuación que llevamos. Esta puntuación aumenta con cada pieza que coloquemos y con cada fila que eliminemos siguiendo las reglas encontradas en la web de Tetris Wiki [39]. Aunque esta web no sea de carácter oficial, se ha comprobado mediante videos de la plataforma YouTube que la puntuación parece correcta [40].

Justo debajo se muestra el número de líneas que se han eliminado en total y el nivel actual en el que se encuentra el jugador.

En la parte inferior derecha podemos ver la pieza que aparecerá cuando coloquemos la ficha que está cayendo actualmente. Esta se calcula aleatoriamente entre todas las posibles piezas exceptuando la ficha que está en juego, para no repetir dos veces la misma pieza.

Pantalla de pausa

Al igual que los anteriores juegos, *Tetris* también cuenta con un menú de pausa con el que detener la partida para después elegir si queremos continuar o, por el contrario, salir del juego.

Fin del juego

Cuando no se completan filas, las fichas colocadas van amontonándose hasta el punto en el que, al crear una nueva pieza, esta colisiona con otra ya colocada antes de comenzar el movimiento. En este momento, se muestra una pantalla de “Game Over” y el juego regresa automáticamente al menú principal.

4.6.2 Entidades

En el caso de *Tetris* existen dos grupos de entidades formados por el mismo tipo de entidad: el token. Estos tokens reaccionan colisionando con los tokens del otro grupo como se muestra en la Figura 36. Cuando esto ocurre, como se verá más adelante, los tokens que forman la figura se añaden al grupo de tokens colocados, haciendo que los tokens de la nueva figura puedan colisionar con estos.

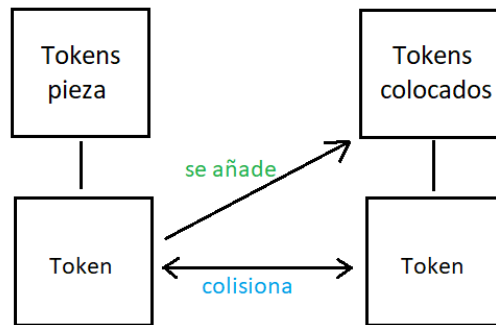


Figura 36: Entidades de Tetrís y sus relaciones

Token

La lógica del *Tetrís* reside en los tokens: estos son simples cuadrados que forman las figuras del juego. Cada figura es escogida aleatoriamente (siempre que no sea igual a la anterior) y tiene su propia función para construirse.

Para construir la pieza se crean cuatro cuadrados (dentro de un grupo) en el centro superior de la pantalla y se modifican sus posiciones para que formen la pieza. Una vez construida la pieza usamos las propiedades de Phaser para controlar el grupo en su totalidad.

Tokens colocados

En el juego se usan dos grupos de tokens: el primero (referido como “pieza” o “ficha”) tiene la función de obedecer al usuario en el movimiento y la rotación mientras, el segundo, los tokens colocados, es un grupo de tokens cuyo control es independiente al del usuario. Estos tokens se van creando a medida que la pieza colisiona con el suelo o con alguno de los tokens de este grupo, lo que hace que los tokens de la pieza pasen a formar parte del grupo de tokens colocados.

Cuando los tokens colocados forman una línea, es decir, desde un extremo a otro todas las posiciones están rellenas por tokens, la línea se suprime eliminando esos tokens del grupo y todos los tokens que están por encima de ellos son desplazados una posición hacia abajo. En caso de que al colocar la pieza se completen varias filas al mismo tiempo, los tokens colocados bajarán en función de las filas eliminadas.

Tokens pieza

Como se explicaba previamente, la pieza es un grupo de tokens controlados por el usuario, los cuales, una vez se detienen y acaban su movimiento, pasan a formar parte del grupo de tokens colocados, lo que hace que el usuario pierda el control sobre ella. En ese momento, se vuelve

a formar una nueva pieza en la parte superior de la pantalla que va cayendo y sobre el que el usuario vuelve a tener control y el proceso se repite.

A la hora de mover la pieza hay que tener una gran cantidad de factores en cuenta y se ha decidido que la mejor manera es prever el movimiento antes de que ocurra, es decir, todos los movimientos en el juego primero se simulan, creando copias temporales de los tokens que realmente ejecutan el movimiento y, tras comprobar si el movimiento se puede realizar, los tokens reales copian las posiciones de los temporales, moviendo así la pieza (Figura 37).

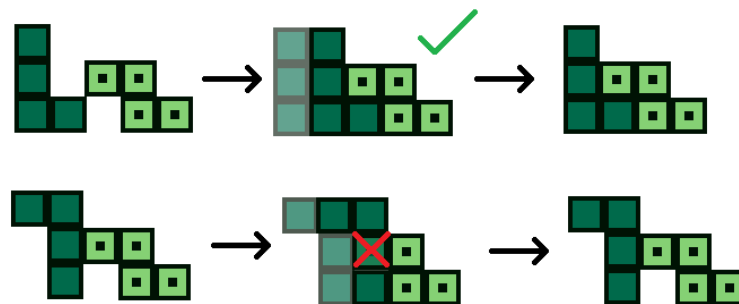


Figura 37: Movimiento de las piezas de Tetris

Un ejemplo sería el movimiento automático, donde, cada cierto tiempo, la pieza se desplaza una posición hacia abajo. Esto ocurre hasta el momento en que alguno de los tokens que forman la pieza, en el movimiento simulado, colisiona con el suelo o alguno de los tokens colocados. En este momento, se declara que, cuando transcurra el tiempo, los tokens de la pieza, en lugar de avanzar, pasarán a convertirse en parte del grupo de tokens colocados.

Por otro lado, también se debe tener en cuenta cuando el usuario realiza la acción de movimiento que, si alguno de los tokens en el movimiento simulado colisiona con un token colocado o sale de los límites del tablero, se debe prohibir el movimiento.

En caso de que el usuario realice la acción de mover la ficha hacia abajo, esta ejecuta la acción como si se tratase del movimiento automático una vez ha transcurrido el tiempo, con sus respectivas consecuencias. Si tras esto, el usuario mantiene pulsada la acción de mover hacia abajo, la ficha empieza a caer a gran velocidad, es decir, hacemos creer al programa que el tiempo que debe transcurrir para que realice un movimiento automático hacia abajo es muy reducido. Sin embargo, este último movimiento a gran velocidad se detiene cuando el movimiento simulado hacia abajo colisiona. En este último momento, antes de detener la ficha por completo, el tiempo de espera vuelve a ser el original, permitiendo al usuario tener un tiempo de reacción antes de que la pieza se detenga.

En *Tetris* también existe la opción de girar 90° las piezas que caen para tener una mayor cantidad de combinaciones al colocarlas. En el caso del giro, dista del movimiento en que, mientras que el movimiento se ejecuta de igual manera en todas las piezas, cada tipo de pieza gestiona su propio giro. Para realizar esto, cada tipo de ficha tiene definido como debe mover los tokens que la forman de modo que simulan el movimiento y, si este se puede realizar, se ejecuta (Figura 38).

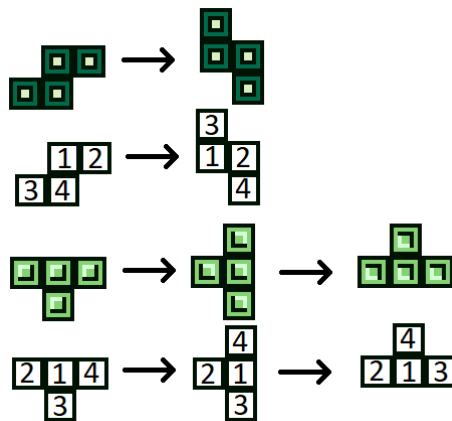


Figura 38: Giro de las piezas del Tetris

Que la pieza realice la acción de giro cerca de la pared produce que en ciertas ocasiones alguno de los tokens que la forman salga de los límites del tablero. Si esto ocurre en el movimiento simulado, al contrario que en el resto de situaciones donde se prohíbe el movimiento, este se ejecuta desplazando la pieza una posición en la dirección contraria a la pared (a no ser que al hacer esto la pieza simulada colisione con algún token colocado, en cuyo caso sí que se prohíbe el giro y el movimiento).

Cada vez que colocamos una pieza, el tiempo que tarda cada ficha en realizar su movimiento automático hacia abajo se reduce de manera progresiva. Esto consigue que, cada vez, las piezas se muevan más rápido y deja un menor tiempo de reacción al usuario.

En definitiva, *Tetris* tiene una lógica muy diferente a la mayoría de juegos dado que, aunque solo conste con un tipo de entidad que forma otras entidades, estas no colisionan entre sí, sino que se colocan de manera adyacente entre ellas, sin llegar a tocarse, lo que hace que no se pueda reaccionar en el momento de la colisión, sino que haya que hacer un cálculo previo a esta y actuar en consecuencia.

5 Evaluaciones de usuario

A medida que se fueron desarrollando tanto los juegos como el museo, se han ido haciendo diferentes evaluaciones de manera informal con distintos usuarios tales como familiares y amigos.

Estas evaluaciones servían para comprender de manera más objetiva algunos de los aspectos a mejorar de cada apartado del trabajo. A continuación, se hace un pequeño repaso por algunos de los consejos y opiniones más comunes en la mayoría de estos usuarios que ayudaron a mejorar el museo.

5.1 Diseño e interfaz

Algunos de los consejos más influyentes han sido los referentes al diseño de la página web en la que se hallaba el museo. Estos, además, tenían gran valor dado que se contó con la ayuda de varios empleados integrantes de un equipo de *User experience* en una empresa de consultoría multinacional.

En un primer momento, debido a la carencia casi total de estilos, todos los cambios eran referentes a crear un diseño basado en tarjetas por cada uno de los juegos donde se pudiera ver algo más de información referente al propio juego como una breve descripción o comentario.

Tras ello, el contraste entre las tarjetas de los juegos y el resto del museo hizo que se optara por un nuevo diseño donde el título llamara más la atención y las instrucciones del modo exposición fueran más visuales e intuitivas, consiguiendo el resultado final del MIV (Figura 39).

5.2 Mando

Al comienzo del museo, el mando mostrado en la pantalla del usuario tenía diferentes pantallas y estas iban cambiando en relación al juego que se estuviera jugando (tal y como lo hace la aplicación de AirConsole [20]). Tras probar con varios usuarios, todos coincidían en que era incomodo el hecho de tener que cambiar entre mirar la pantalla y el móvil, el cual, además, a veces mostraba pantallas en vertical y otras en horizontal, teniendo que girar el móvil para verlo.

Tras esto, se decidió que lo mejor es mostrar un mando el cual no cambia en ningún momento y siempre tiene los mismos botones en las mismas posiciones. Esto provoca que el usuario, tras mirar el mando por primera vez, sea capaz de disfrutar del museo y de todos sus juegos sin volver a fijarse en el móvil ni preocuparse por ver si ha cambiado (Figura 40).

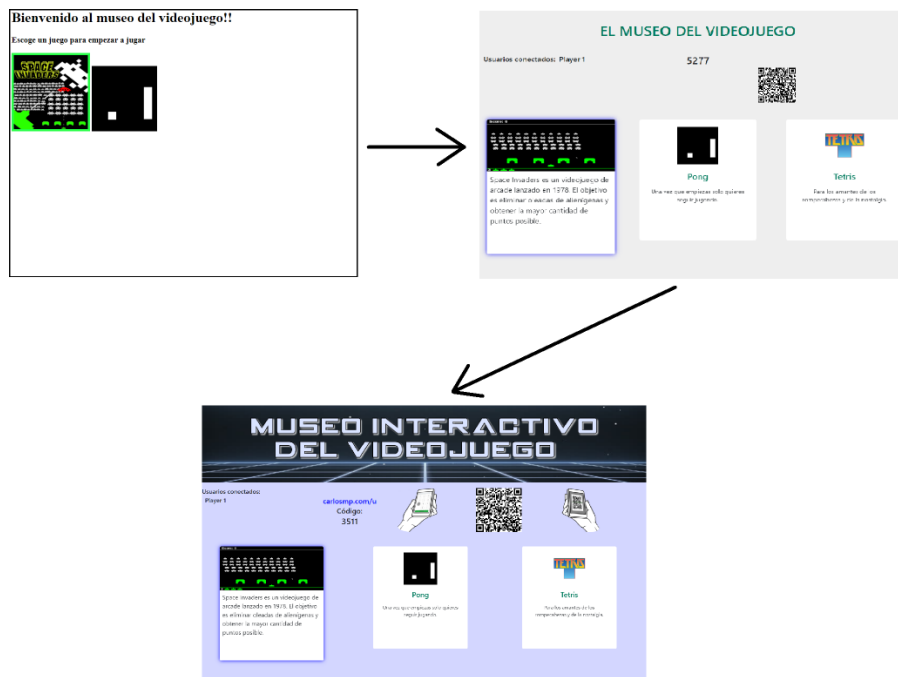


Figura 39: Evolución del aspecto del MIV

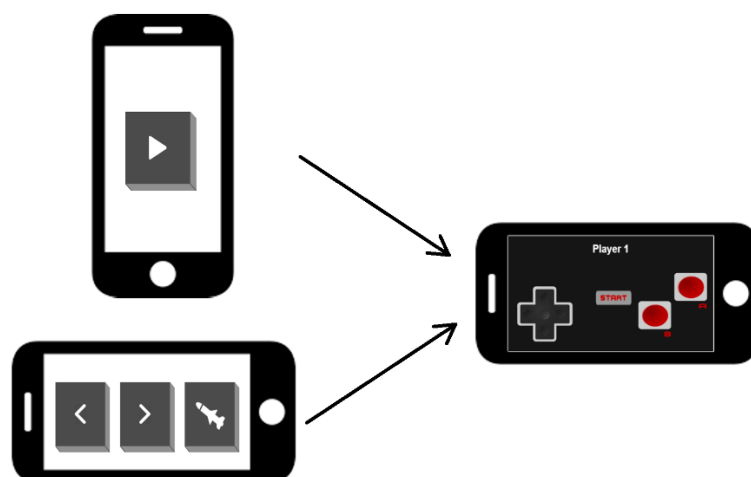


Figura 40: Evolución del mando en móvil

5.3 Juegos

En cuanto a los juegos, la gran mayoría de usuarios quedaron satisfechos con la experiencia tanto desde un ordenador como desde un móvil, así como en el modo exposición, pero varios de ellos señalaron algunos detalles referentes a la jugabilidad.

En el *Space Invaders*, por ejemplo, en un principio, el jugador comenzaba con un total de 6 vidas, lo que hacía que el juego perdiese dificultad, además de carecer de un menú principal que evitase que la partida comenzara directamente.

En el *Pong*, cuando solo era jugable en el modo de 2 jugadores, los usuarios recomendaron varias veces la inclusión de una inteligencia artificial para poder jugar en solitario. Esto surgió más tarde también por parte del tutor para poder implementar el juego cuando se accediera desde un navegador móvil.

Por último, en *Tetris* se dieron sugerencias referentes a la inclusión de una tecla que hiciese que el jugador pudiera bajar la ficha directamente al suelo, evitando así el botón que acelera la caída de la ficha. Por un lado, esto se evitó en el modo de navegador de escritorio y en el modo exposición dado que el juego original carecía de esta funcionalidad, pero, dado que accediendo desde un navegador móvil los movimientos se producen por toques y deslizamientos, se añadió esta funcionalidad solo para este modo, sustituyendo la posibilidad de acelerar la caída de la ficha.

Por lo tanto, las evaluaciones informales no han tenido un gran peso en el desarrollo del proyecto exceptuando, quizás, el mando, pero han servido para mejorar considerablemente el aspecto y la funcionalidad del MIV.

6 Conclusión y trabajo futuro

A lo largo del trabajo se ha podido observar como el Museo Interactivo del Videojuego es un espacio de entretenimiento especializado en ofrecer una interfaz accesible de distintas formas para disfrutar de una lista de videojuegos cuyo impacto en su industria causó grandes cambios a nivel mundial.

En primer lugar, se ha realizado una introducción a la historia del desarrollo de los videojuegos y de cómo han ido evolucionando hasta nuestros días, lo que ha servido para comprobar que la industria del videojuego ofrece muchas ventajas y entretenimiento, pero también plantea nuevos problemas que hasta el momento eran irrelevantes o inexistentes. Esto ha servido para sacar conclusiones de los juegos más influyentes de la historia y escoger los tres más representativos.

También se ha dado un breve repaso al avance de los museos virtuales y de cómo estos han ido tomando forma ajustándose a las nuevas tecnologías para llamar la atención de los usuarios.

Tras ello, se han descrito las diferentes maneras de entrar y disfrutar del museo de manera que se comprenda como funciona y que pasos hay que realizar para conseguir el resultado esperado. Con ello, se ha observado que existen tres formas de interactuar con en el MIV: a través del navegador de un ordenador haciendo uso del teclado y el ratón, mediante un navegador móvil usando la pantalla táctil o desde cualquier navegador accediendo al modo exposición, el cual ofrece una experiencia única mediante el proceso de vincular el móvil del usuario con el navegador que muestra el museo y usando el primero a modo de mando analógico.

También se ha podido comprender el funcionamiento de cada uno de los juegos que se han implementado para desarrollar un prototipo del museo. Estos juegos son *Space Invaders*, *Pong* y *Tetris*, juegos cuya fama tanto en el pasado como en el presente hacen del museo un espacio icónico y atractivo para muchos usuarios. Estos juegos fueron desarrollados desde cero basándose en los originales e intentando recrear sus mecánicas cuidando cada detalle.

A continuación, se ha detallado la implementación del MIV, comenzando por describir los pasos seguidos para construir el sitio web donde alojar los diferentes juegos. Este desarrollo se centra por un lado en el catálogo de juegos del museo accesible mediante el navegador de escritorio y móvil, para más tarde ver en profundidad el catálogo ofrecido por el modo exposición y su uso de los websockets para disfrutar del museo mediante control remoto con el uso de un móvil inteligente.

En este apartado, también se puede observar la manera en la que el museo está organizado, así como las instrucciones que se deben seguir en caso de querer añadir nuevos juegos al museo o trasladarlo a otro servidor.

Más adelante, se ha podido estudiar la manera en la que trabajan los websockets para conseguir un vínculo entre el móvil y el equipo que realiza las funciones de pantalla. Como se ha podido comprobar, el uso de websockets permite al usuario enviar información al servidor a través de su móvil. El servidor, al recibir esta información, la envía al cliente que está ejecutando el museo sin necesidad de realizar acciones por parte de este último.

Tras ello, se ha pasado a profundizar en el desarrollo de cada uno de los juegos, los cuales se dividen en escenas y entidades. Las primeras consiguen crear un flujo dentro del juego para conseguir una mejor experiencia de usuario mediante el uso de menús de inicio y pantallas de pausa mientras que las entidades forman el juego en sí, interactuando unas con otras para simular y recrear las mecánicas de los distintos videojuegos.

Para terminar, se han descrito las reacciones de distintos usuarios que han evaluado de manera informal tanto el museo como los videojuegos. Se han recibido varios consejos por parte de estos, lo que ha llevado a una considerable mejora del aspecto visual y de la jugabilidad del museo.

En definitiva, el MIV es un prototipo de un museo con capacidad para crecer y mejorar a lo largo de los años donde disfrutar de tres videojuegos icónicos de la historia y accesible de distintas maneras, siendo una de ellas (el modo exposición) una forma original e innovadora que llama la atención de los usuarios e incita a entrar a probar el museo.

Throughout this work we have been able to see how the Interactive Museum of the Videogame is a space of entertainment specialized in offering an interface accessible in many ways to enjoy a list of videogames which impact in their industry made grate worldwide improvements.

First of all, we have made an introduction to the videogame's development throughout history and how they have evolved to our days, which helped to prove that the videogame industry offers a lot of advantages and entertainment, but it also presents new problems that were irrelevant or inexistent until that moment.

Also, we did a sort review of the evolution of the virtual museums and how they have been adjusting to the new technologies to draw attention from users.

After that, in the 3rd chapter, we described the different ways to enter and enjoy the museum so anyone can know how it works and which steps they must take to get the expected result. With that, we have observed that there are 3 ways of accessing the museum: through a desktop browser using the keyboard and the mouse, through a mobile browser using the touch screen or with any browser in the exposition mode, which offers an unique experience by linking the user's mobile phone with the browser showing the museum and using the first one as a game controller.

In the second part of Chapter 3, we have been able to understand the behavior of each game that has been implemented to develop a prototype of the museum. These games are: *Space Invaders*, *Pong* and *Tetris*, games which fame in the past year as well as in the present makes the museum an iconic and attractive space to many users. These games were developed from zero based in the original ones and trying to recreate their mechanics watching every detail.

In Chapter 4, we explained in more details the implementation of the Interactive Museum of the Videogame, starting by describing the steps made to build the web space where games are hosted. This developed focuses in one hand in the games catalogue accessible with a desktop browser or a mobile phone to see in more depth the catalogue offered by the exposition mode and it's use of websockets to enjoy the museum with a remote control using a mobile.

In this chapter, we also can see the way the museum is organized in different folders and subfolders, as well as the instructions a user must follow to add new games to the museum.

In the next part of Chapter 4, we have been able to study the way websockets work to make a link between the mobile and the device doing the chores of a screen. As we can prove, the use of websockets offers the user the possibility of send information to the server through his phone. The server, after receiving this information, sends it to the client executing the museum to show it on the screen.

After that, we have deepened into each game's development, which are divided in scenes and entities. The first ones make a path within the game to achieve a better user experience using start menus, pause menus... while the entities make the game itself, interacting with each other to simulate and recreate the mechanics of the different videogames.

To end this, in Chapter 5, we studied the reactions of different types of users and we have received some advices from them, which led to a considerable improve in the visual aspect and the playability of the museum.

Finally, the Interactive Museum of the Videogame is a prototype of a museum capable of growing and improve with time where people can enjoy to three iconic videogames of history in many accessible ways, being one of them (the exposition mode) an original and innovative way that draws attention of the users and incites to enter and try the museum.

6.1 Trabajo futuro

Una vez el prototipo está acabado, es el momento de empezar a desarrollar el museo con el fin de introducir mejoras para finalmente conseguir un museo completo y funcional. Para ello, algunas de las ideas planteadas son las siguientes:

- **Introducción de nuevos juegos:** Como se ha comentado varias veces, el museo actualmente solo consta de 3 juegos, por lo que en un futuro se añadirán nuevos juegos al museo. Actualmente se pretende incorporar los trabajos realizados en diferentes asignaturas ofrecidas en la facultad de Informática de la UCM. Pensamos que esto será una tarea bastante sencilla gracias a la organización actual del MIV.
- **Ranking de puntuaciones:** Actualmente, el prototipo no guarda ningún tipo de información, por lo que en el futuro se podría implementar una funcionalidad dedicada a guardar las puntuaciones de los usuarios con el fin de obtener un ranking de puntuaciones.
- **Evaluaciones más formales:** Con el fin de obtener sugerencias y mejoras para el museo, se pretende en un futuro realizar evaluaciones formales con distintos usuarios para conseguir resultados de mayor calidad

7 Bibliografía

- [1] «Diccionario de la lengua española» Real Academia Española, 2001. [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=bmnbNU7>. [Último acceso: 04 06 2018].
- [2] S. Belli y C. López, « Breve historia de los videojuegos» *Athenea Digital*, nº 14, pp. 159-179, 2008.
- [3] «¿Cuál fue realmente el primer videojuego?» [En línea]. Available: <http://thecartridge.net/articulo/cual-fue-realmente-el-primer-videojuego>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [4] T. Donovan, *Replay: The History of Video Games*, Yellow Ant, 2010.
- [5] F. d. d. Barcelona, «Historia de los videojuegos» [En línea]. Available: <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/historia/videojocs.html>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [6] «Retro Maquinitas - NES» [En línea]. Available: <http://www.retromaquinitas.com/index.php/consolas/tercera-generacion/nes>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [7] S. L. Kent, *The Ultimate History of Video Games: From Pong to Pokémon and Beyond : the Story Behind the Craze that Touched Our Lives and Changed the World*, Prima Pub, 2001.
- [8] T. Mott, *1001 Videojuegos a los que hay que jugar antes de morir*, Grijalbo, 2011.
- [9] R. DeMaria, *High Score!: The Illustrated History of Electronic Games*, McGraw-Hill/Osborne, 2004.
- [10] R. Aznar, «Los videojuegos se vuelven juguetes de nuevo» *Hobby Consolas*, pp. 36-39, 2018.

- [11] E. Ivarsson, *Definition and prospects of the Virtual museum*, Department of ALM, 2009.
- [12] «Web3D Consortium | Open Standards for Real-Time 3D Communication» [En línea]. Available: <http://www.web3d.org/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [13] T. K. Group, «COLLADA - 3D Asset Exchange Schema» [En línea]. Available: <https://www.khronos.org/collada/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [14] «Home» [En línea]. Available: <http://www.openscenegraph.org/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [15] «Museo Nacional Thyssen-Bornemisza» [En línea]. Available: <https://www.museothyssen.org/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [16] EducaThyssen, «Animalario» [En línea]. Available: <https://www.educathyssen.org/animalario>.
- [17] «Cortona 3D» [En línea]. Available: <http://www.cortona3d.com/>. [Último acceso: 20 05 2018].
- [18] M. Caro-Martínez, D. Hernando-Hernández y G. Jiménez-Díaz, *RACMA o cómo dar vida a un mapa mudo en el Museo de América*, Madrid, 2015.
- [19] «Ca l'Arenas» [En línea]. Available: <http://culturamataro.cat/ca/museu-i-exposicions/museu-de-mataro/ca-l-arenas>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [20] «AirConsole - Play multiplayer games together» AirConsole, [En línea]. Available: <https://www.airconsole.com/>. [Último acceso: 07 06 2018].
- [21] R. R. Prieto, *Videjuegos : la explosión digital que está cambiando el mundo*, Madrid: Héroes de Papel, 2016.
- [22] N. News, «Skyscraper Game of Tetris Breaks World Record» [En línea]. Available: <https://www.nbcnews.com/tech/tech-news/skyscraper-game-tetris-breaks-world-record-n139566>. [Último acceso: 28 05 2018].

- [23] «JavaScript» [En línea]. Available: <https://www.javascript.com/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [24] «Github» [En línea]. Available: <https://github.com/>. [Último acceso: 07 06 2018].
- [25] «Netflix» [En línea]. Available: <https://www.netflix.com>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [26] «HBO España» [En línea]. Available: <https://es.hboespana.com/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [27] «Welcome to Steam» [En línea]. Available: <https://store.steampowered.com/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [28] «HTML Snippets for Twitter Bootstrap framework» [En línea]. Available: <https://bootsnipp.com/snippets/featured/team-design-card-flipper-using-bootstrap-4>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [29] B. c. M. Otto, «Introduction» [En línea]. Available: <https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [30] «qrcode.js,» [En línea]. Available: <https://davidshimjs.github.io/qrcodejs/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [31] Photon, «Phaser - The fast, fun and free HTML5 Game Framework» [En línea]. Available: <https://phaser.io/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [32] J. js.foundation, «jQuery» [En línea]. Available: <https://jquery.com/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [33] F. Node.js, «Node.js» [En línea]. Available: <https://nodejs.org/es/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [34] «Socket.IO — Chat» Socket.io, [En línea]. Available: <https://socket.io/get-started/chat/>. [Último acceso: 07 06 2018].

- [35] «Socket.io,» [En línea]. Available: <https://socket.io/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [36] J. Descottes, «Piskel - Charles Martinez» [En línea]. Available: <https://www.piskelapp.com/user/4855185206673408/public>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [37] «Space Invaders | Resources, Images and Material from the Classic Arcade Game» [En línea]. Available: <http://www.classicgaming.cc/classics/space-invaders/sounds>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [38] «TwistedWave Online Audio Editor» [En línea]. Available: <https://twistedwave.com/online>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [39] «Scoring» Tetris Wiki, [En línea]. Available: <http://tetris.wikia.com/wiki/Scoring>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [40] «Tetris (Game Boy) Playthrough - NintendoComplete» YouTube, 06 03 2017. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=BQwohHgrk2s>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [41] Photon, «Making your first Phaser 2 game» [En línea]. Available: <https://phaser.io/tutorials/making-your-first-phaser-2-game/index>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [42] «DigitalOcean: Cloud Computing Simplicity at Scale,» [En línea]. Available: <https://www.digitalocean.com/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [43] «Domain Name Registration» Namecheap, [En línea]. Available: <https://www.namecheap.com/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [44] «Animista CSS animations on demand» [En línea]. Available: <http://animista.net/>. [Último acceso: 28 05 2018].