

# Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

---

## Desarrollo de una herramienta de seguimiento a distancia de la terapia neurorrehabilitadora con juegos serios

*Tracking Tool in Neurorehabilitation Therapy*

Joel Pérez Ramos

---

La Laguna, 2 de Julio de 2017

Dña. **Silvia Alayón Miranda**, con N.I.F. 43.812.596-B profesora Titular de Universidad adscrita al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como tutora.

D. **José Luis Sánchez de La Rosa**, con N.I.F. 42.080.654-S profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como cotutor.

D. **Cristián Modroño Pascual**, con N.I.F. 51.062.048-R investigador del Grupo de Neuroquímica y Neuroimagen de la Universidad de La Laguna, como codirector externo del Hospital Universitario de Canarias

## **C E R T I F I C A ( N )**

Que la presente memoria titulada:

*“Desarrollo de una herramienta de seguimiento a distancia de la terapia neurorrehabilitadora con juegos serios.”*

ha sido realizada bajo su dirección por D. **Joel Pérez Ramos**, con N.I.F. 78.726.457-X.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 2 de Julio de 2017.

## Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mis tutores, Silvia y José Luis, por haber confiado en mí para seguir con este proyecto ofreciéndome su ayuda en todo momento.

A mi cotutor, Cristián, por su amabilidad y darme la oportunidad de participar en su proyecto de investigación.

A mis familiares y amigos cercanos por apoyarme en todo momento y soportar mis duras noches en vela.

Y, por último, pero no menos importante, a mis compañeros de clases, que sin ellos no podría haber tenido grandes momentos durante la docencia.

# Licencia



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.

## Resumen

*El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado (TFG) es el desarrollo de una herramienta o método que permita a los pacientes el uso de videojuegos serios para neurorrehabilitación en sus casas, y el control remoto de sus resultados por parte de los especialistas médicos del Hospital Universitario de Canarias.*

*Se parte de un trabajo previo, fruto de la realización de dos TFGs anteriores, en los que se desarrollaron unos videojuegos serios (implementados en Unity) con Eye-Tracking.*

*Se pretende adaptar el uso de estos videojuegos a domicilio en el presente TFG y extraer algunos parámetros de interés que permitan al equipo médico analizar a distancia si el paciente a) está realizando correctamente la terapia en casa, y b) si esta terapia está ayudando en su rehabilitación.*

**Palabras clave:** videojuegos serios, neurorrehabilitación a domicilio, Unity, Eye-Tracking.

## **Abstract**

*The main objective of this End of Degree Work (EDW) is the development of a tool or method for allowing patients the use of serious videogames for neurorehabilitation in their home. The remote control of their results by the medical specialists of the University Hospital of Canary Islands is an important issue.*

*This EDW is the continuation of two previous EDWs where serious video games were developed (implemented in Unity) with Eye-Tracking.*

*This EDW will lead with the use of these videogames at home, and the extraction of some parameters of interest for allowing the medical staff to decide a) if the patient is developing correctly the therapy at home, and b) if this therapy is helping his/her rehabilitation.*

**Keywords:** *serious videogames, neurorehabilitation at home, Unity, Eye-Tracking.*

# Índice General

<b>Capítulo 1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2. Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 3. Estado del Arte</b>	<b>4</b>
3.1 Videojuegos Serios .....	4
3.1.1 Space Invaders .....	4
3.1.2 Breakout.....	5
3.2 Funcionalidad de los juegos actuales.....	6
3.3 Herramienta de Desarrollo Gráfico: Unity .....	9
3.4 IDE (Integrated Drive Electronics): Visual Studio .....	10
3.5 Dispositivos Físicos Soportados .....	11
3.5.1 Eye-Tracker .....	11
3.5.2 Ratón.....	12
<b>Capítulo 4. Adaptación de los Videojuegos</b>	<b>13</b>
4.1 Información extraíble en la versión previa .....	13
4.2 Adaptación de los videojuegos .....	14
<b>Capítulo 5. Computación en la Nube</b>	<b>15</b>
5.1 ¿Qué es Software en la Nube? .....	15
5.1.1 MEGA .....	16
5.1.2 Google Drive.....	17
5.1.3 Dropbox .....	19
5.2 Elección de Nube.....	21
<b>Capítulo 6. Explotación de los Datos</b>	<b>22</b>
6.1 Software elegido: Excel .....	22
6.2 Procedimiento.....	22
<b>Capítulo 7. Pruebas Realizadas</b>	<b>27</b>
<b>Capítulo 8. Conclusiones y líneas futuras</b>	<b>28</b>
8.1 Conclusiones .....	28

8.2 Líneas Futuras .....	29
<b>Capítulo 9. Summary and Conclusions</b>	<b>30</b>
9.1 Conclusions .....	30
9.2 Future Work .....	31
<b>Capítulo 10. Presupuesto</b>	<b>32</b>
<b>Apéndice A. Funciones Principales</b>	<b>33</b>
A.1. Repositorio GitHub .....	33
<b>Bibliografía</b>	<b>34</b>

# Índice de figuras

Figura 1.1: Activación de zonas cerebrales motoras cuando el paciente “controla” un objeto virtual con los ojos y/o la mano. Estudio realizado por el Grupo de Neuroquímica y Neuroimagen de la Universidad de La Laguna con resonancia magnética funcional.....	2
Figura 3.1: Space Invaders de Atari. ....	5
Figura 3.2: Breakout de Atari. ....	6
Figura 3.3: Selección de Dispositivo. ....	7
Figura 3.4: Calibración con el Eye-Tracker.....	7
Figura 3.5: Menú Principal (Space Invaders).....	8
Figura 3.6: Menú Principal (Breakout).....	8
Figura 3.7: Puntuaciones. ....	8
Figura 3.8: Juego de Space Invaders.....	9
Figura 3.9: Juego de Breakout. ....	9
Figura 3.10: Eye-Tracker.....	12
Figura 3.11: Ejemplo de uso del Eye-Tracker.....	12
Figura 4.1: Información extraída del fichero MedicData.txt. Los campos separados por comas representan: los ejes X e Y hacia donde mira el usuario respectivamente. ....	13
Figura 4.2: Información extraída del fichero médico actualizado. Los campos separados por puntos y comas representan: Eje X; Eje Y; Año; Mes; Día; Hora; Minutos; Segundos respectivamente. ....	14
Figura 5.1: Logo de MEGA .....	16
Figura 5.2: Interfaz de MEGA .....	17
Figura 5.3: Logo de Google Drive.....	18
Figura 5.4: Interfaz de Google Drive. ....	19
Figura 5.5: Logo de Dropbox. ....	20
Figura 5.6: Interfaz de Dropbox.....	20
Figura 6.1: Excel – Usar Separadores del Sistema.....	22
Figura 6.2: Paso 1 – Seleccionar “Delimitados”. ....	23
Figura 6.3: Paso 2 – Seleccionar Separador “Punto y coma”. ....	23
Figura 6.4: Paso 3 – Formato de los datos en columnas en “General”.....	24

Figura 6.5: Paso 4 – Seleccionar la celda donde se va a posicionar y aceptar. ....	24
Figura 6.6: Insertar – Gráfico Dinámico. ....	25
Figura 6.7: Menú del Gráfico Dinámico. ....	25
Figura 6.8: Forma coherente de arrastrar los campos a las distintas áreas. ....	25
Figura 6.9: Gráfico resultante de una muestra. ....	26

# Índice de tablas

Tabla 10.1: Tabla de Presupuesto..... 32



# Capítulo 1.

## Introducción

Los **Accidentes Cerebrovasculares (ACV)** <sup>[1]</sup> suceden cuando el flujo de sangre a una parte del cerebro se detiene. Algunas veces, se denomina “ataque cerebral”. Si el flujo sanguíneo se detiene por más de pocos segundos, el cerebro no puede recibir nutrientes y oxígeno y por ende las células cerebrales pueden morir, lo que causa daño permanente.

Existen dos tipos principales de accidentes cerebrovasculares.

- Accidente Cerebrovascular Isquémico.
- Accidente Cerebrovascular Hemorrágico.

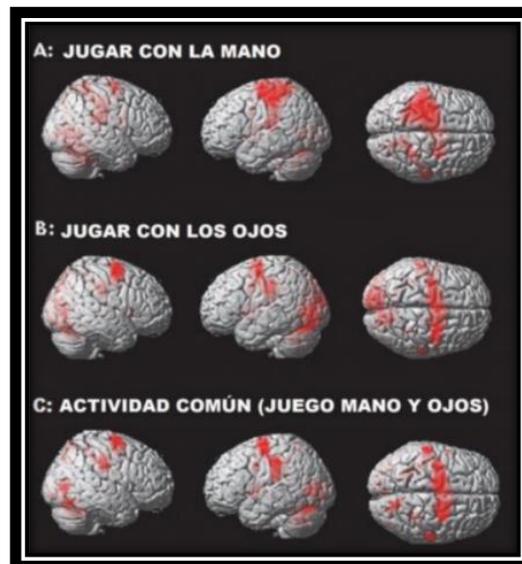
El accidente cerebrovascular isquémico ocurre cuando un vaso sanguíneo que irriga sangre al cerebro resulta bloqueado por un coágulo de sangre, mientras que el accidente cerebrovascular hemorrágico ocurre cuando un vaso sanguíneo de una parte del cerebro se debilita y se rompe, provocando que la sangre escape hacia el cerebro.

Los ACV constituyen uno de los problemas sanitarios más importantes de nuestro entorno, siendo cada vez con más incidencias, no solo en personas adultas (+60 años), sino que también en personas jóvenes (30 – 50 años), teniendo una de las principales consecuencias negativas, la pérdida de movilidad de los miembros superiores, haciendo imposible las acciones de la vida cotidiana.

Para volver a recuperar la funcionalidad de dicha zona cerebral afectada por un ACV, hay pacientes que se someten a un proceso asistencial complejo, denominado: **Neurorrehabilitación** <sup>[2]</sup>, que tiene como objetivo restituir, minimizar y/o compensar en la medida de lo posible las alteraciones funcionales aparecidas en una persona afectada por un ACV, como consecuencia de una lesión del sistema nervioso central, mediante un videojuego serio.

Actualmente, el grupo de médicos colaboradores en el proyecto, pertenecientes al Grupo de Neuroquímica y Neuroimagen de la Universidad de La Laguna, ha realizado algunos estudios previos que demuestran que la parte del cerebro que se activa cuando se realiza algún movimiento de la mano es muy similar a la que se activa cuando se mueven los ojos. Este hecho, que podría parecer sorprendente, no lo es tanto si se tiene en cuenta que los movimientos de las manos y los ojos están muy acoplados en la vida diaria.

En la Figura 1.1 se puede observar, a través de imágenes de resonancia magnética funcional, la actividad cerebral de un paciente cuando “controla” un objeto virtual con los ojos y/o la mano.



**Figura 1.1:** Activación de zonas cerebrales motoras cuando el paciente “controla” un objeto virtual con los ojos y/o la mano. Estudio realizado por el Grupo de Neuroquímica y Neuroimagen de la Universidad de La Laguna con resonancia magnética funcional.

Se parte de la hipótesis siguiente: A través del movimiento ocular se pueden estimular las zonas del cerebro implicadas en el movimiento de las manos, y este hecho podría ayudar en el proceso de rehabilitación de un paciente con dificultades motoras.

Por ello, para estimular dichas zonas del cerebro mediante el movimiento ocular se han desarrollado en TFGs previos, dos videojuegos serios con Eye-Tracker: **Space Invaders** <sup>[3]</sup> y **Breakout** <sup>[4]</sup> (Estos juegos serán explicados con más detalles en el Capítulo 3).

El problema actual radica en que los pacientes tienen que desplazarse al Hospital Universitario de Canarias para poder jugar a estos videojuegos y así realizar su terapia neurorrehabilitadora.

Por lo tanto, el objetivo de este TFG consiste en el desarrollo de una herramienta o método que permita a los pacientes jugar a estos videojuegos en sus domicilios a la par que el especialista médico pueda hacer un seguimiento del cumplimiento de la terapia por parte del paciente.

Para ello, se mejorarán estos videojuegos para extraer datos de interés que se reflejen en un fichero que pueda consultar el especialista médico de forma remota.

# Capítulo 2.

## Objetivos

El objetivo del presente TFG es del desarrollo de una herramienta o método que permita a los especialistas médicos controlar de forma remota a los distintos pacientes si están realizando adecuadamente la terapia neurorrehabilitadora en sus domicilios.

Para ello, los videojuegos mencionados anteriormente serán adaptados para poder extraer algunos parámetros de interés, representarlos gráficamente y así poder saber si están cumpliendo la terapia de forma adecuada.

Para conseguir este objetivo, se plantean las siguientes tareas:

- Estudiar el problema médico abordado y el funcionamiento de los videojuegos con Eye-Tracker de los que se parte.
- Analizar la información extraíble de los citados videojuegos.
- Implementar la estrategia que permita al especialista el control más óptimo del paciente.
- Enseñar el funcionamiento del método desarrollado al especialista médico que colabora en este TFG.

# Capítulo 3.

## Estado del Arte

Se parte de un trabajo previo, fruto de la realización de dos TFGs anteriores <sup>[3][4]</sup>, en los que se desarrollaron unos videojuegos serios con **Eye-Tracking** <sup>[5]</sup>. Por este motivo, en esta sección se describirán dichos videojuegos y las herramientas con las que fueron implementados (Unity, Visual Studio).

### 3.1 Videojuegos Serios

Un **videojuego** <sup>[6]</sup> es un juego electrónico en el que unas o más personas interactúan, por medio de un controlador, con un dispositivo dotado de imágenes de video. Este dispositivo electrónico, conocido genéricamente como “plataforma”, puede ser una computadora, una máquina arcade, una videoconsola o un dispositivo portátil (un teléfono móvil, por ejemplo). Los videojuegos son, año por año, una de las principales industrias del arte y el entretenimiento.

Los **videojuegos serios** <sup>[7]</sup> (llamados también “Juegos Formativos”) son videojuegos diseñados para un propósito principal distinto de la pura diversión. Normalmente, el adjetivo “serio” pretende referirse a productos utilizados por industrias como la de defensa, educación, exploración científica, sanitaria, urgencias, planificación cívica, ingeniería, religión y política.

Con los videojuegos serios desarrollados para neurorrehabilitación, además del control manual, se permite un control visual, para poder ejercitar los movimientos oculares. Para ello se utiliza el Eye-Tracker; dispositivo capaz de localizar el punto de la pantalla que está mirando el usuario en cada momento.

Los juegos que vamos a mejorar o adaptar para poder extraer algunos parámetros de interés son los siguientes:

- **Space Invaders** <sup>[8]</sup>.
- **Breakout** <sup>[9]</sup>.

#### 3.1.1 Space Invaders

Es un videojuego de arcade diseñado por Toshihiro Nishikado y lanzado al mercado en 1978. Para el diseño del juego, Nishikado se inspiró en Breakout, La Guerra de los Mundos y Star Wars.

La trama del juego es muy sencilla, el usuario maneja un cañón láser que puede mover de izquierda a derecha en un espacio de dos dimensiones. El objetivo es eliminar oleadas de alienígenas con dicho cañón y obtener la mayor cantidad de puntos posibles.

Durante una partida, el usuario deberá ir eliminando a todos los marcianos que aparecen en pantalla, antes de que éstos lleguen abajo, a donde se encuentra el cañón que controla. Si no lo logra y estos tocan a su cañón, habrá perdido instantáneamente. Luego, otra forma de perder, es que los extraterrestres golpeen al jugador en tres ocasiones con sus disparos. Cuando se recibe un disparo, se obtiene un par de segundos de invulnerabilidad y se sigue jugando.

En este juego no hay forma posible de ganar, se deberá jugar hasta perder. Una vez se destruyan todos los enemigos en pantalla, se volverán a regenerar todos en la parte superior de la pantalla, como al comienzo de la partida, con la diferencia de que, estos aparecerán moviéndose más rápidos y disparando en más ocasiones. Este ciclo se repetirá hasta perder de alguna de las dos formas dichas anteriormente.

Por lo tanto, el objetivo real del juego, consiste en matar la mayoría de marcianos posibles para obtener la mejor puntuación. Consiguiendo así aparecer entre los primeros puestos de la tabla de puntuación, a la cual se puede acceder desde el menú principal del juego.



**Figura 3.1:** Space Invaders de Atari.

### 3.1.2 Breakout

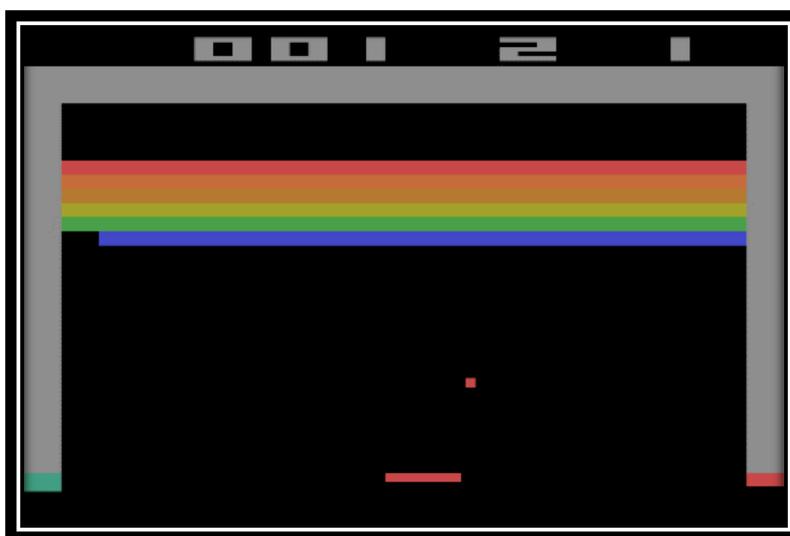
Es un videojuego arcade desarrollado por Atari, Inc. y lanzado al mercado en 1976. Fue creado por Nolan Bushnell y Steve Bristow, influenciados por el videojuego de 1972 Pong, también de Atari. Posteriormente fue mejorado en videojuegos como el Super Breakout.

La trama del juego es muy sencilla, el usuario maneja una rayita que simula una raqueta de front-tenis situada en la parte inferior de la pantalla, pudiéndola desplazar de izquierda a derecha en un espacio de dos dimensiones y en la parte superior se sitúa una banda conformada por rectángulos que simulan ser ladrillos.

Durante una partida, una pelotita descenderá de la nada y el jugador debe golpearla con la raqueta, para que ésta ascienda hasta llegar el muro de ladrillos y al golpearlos; los ladrillos desaparecen, y la pelotita vuelve a descender y así sucesivamente. Si el jugador no logra dar a la pelotita y esta cae por debajo de la raqueta cinco veces, habrá perdido.

En este juego no hay forma posible de ganar, se deberá jugar hasta perder. Una vez se destruyan todos los ladrillos en pantalla, se volverán a regenerar todos en la parte superior de la pantalla, como al comienzo de la partida, con la diferencia de que estos ladrillos pueden aportar otra “imagen” inicial, o el número de golpes para que desaparezca un ladrillo en concreto aumente. Este ciclo se repetirá hasta perder de la forma dicha anteriormente.

Por lo tanto, el objetivo real del juego, consiste en destruir la mayoría de ladrillos posibles para obtener la mejor puntuación. Consiguiendo así aparecer entre los primeros puestos de la tabla de puntuación, a la cual se puede acceder desde el menú principal del juego.



**Figura 3.2:** Breakout de Atari.

### **3.2 Funcionalidad de los juegos actuales**

A continuación, se mostrarán una serie de imágenes de cómo son los juegos actualmente:

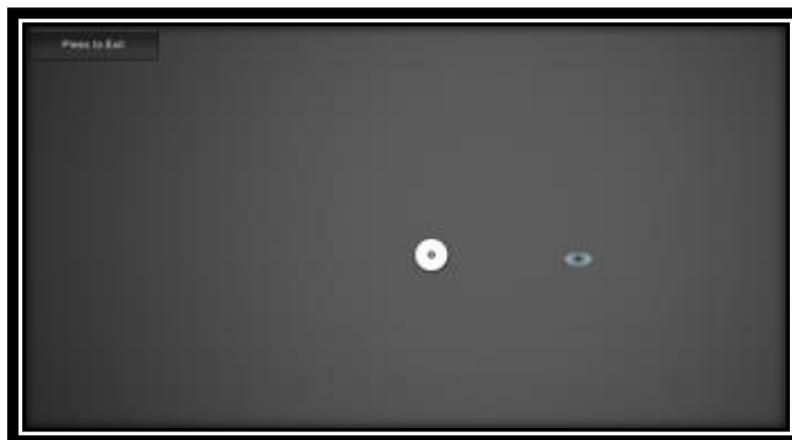
La primera escena que aparece cuando se ejecuta el juego, permite elegir entre jugar con el ratón o jugar con la vista. Además, ofrece la opción de guardar la

posición de los ojos del jugador durante el desarrollo del juego en un fichero, en caso de que se vaya a jugar con Eye-Tracker (Figura 3.3).



**Figura 3.3:** Selección de Dispositivo.

Una vez seleccionado el modo de juego, aparecerá el menú principal. Si se ha decidido jugar con el Eye-Tracker, será necesario hacer una calibración antes de llegar al menú principal de ambos juegos, esto es seguir con la mirada un círculo sin pestañear hasta que haya terminado el calibrado (Figura 3.4).



**Figura 3.4:** Calibración con el Eye-Tracker.

En el menú principal aparecen varias opciones: Jugar (Play), ver las puntuaciones (Points en Space Invaders / Score en Breakout) y salir del juego (Exit) (Figura 3.5 y Figura 3.6).



Figura 3.5: Menú Principal (Space Invaders).



Figura 3.6: Menú Principal (Breakout).

Si se selecciona la opción de ver las puntuaciones, aparecerán las puntuaciones de las personas que han jugado y han decidido guardar su puntuación ordenada de mayor a menor. Las puntuaciones se guardan de forma local, por lo tanto, las que aparecen dependerán del ordenador en el que se juegue (Figura 3.7).



Figura 3.7: Puntuaciones.

Si se selecciona la opción de Play, aparece el primer nivel del juego. Si se ha elegido de un principio la opción de calibrar el Eye-Tracker, el juego se manipulará con los ojos, pero si se ha elegido con el ratón, entonces se manipulará con este dispositivo físico. (Figura 3.8 y Figura 3.9).

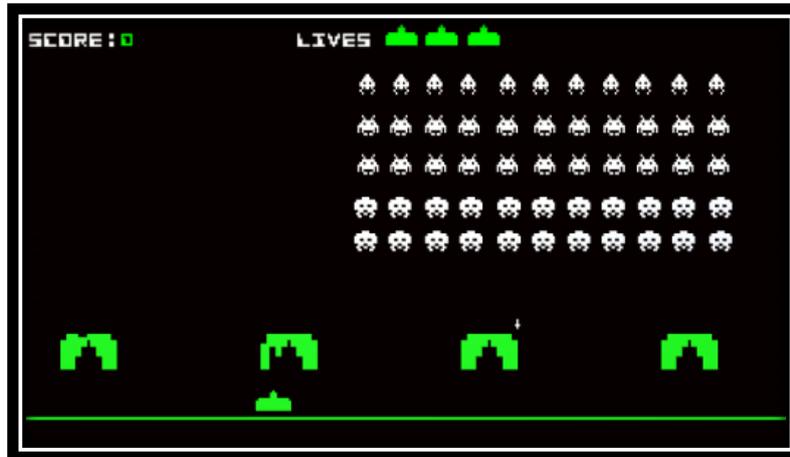


Figura 3.8: Juego de Space Invaders.

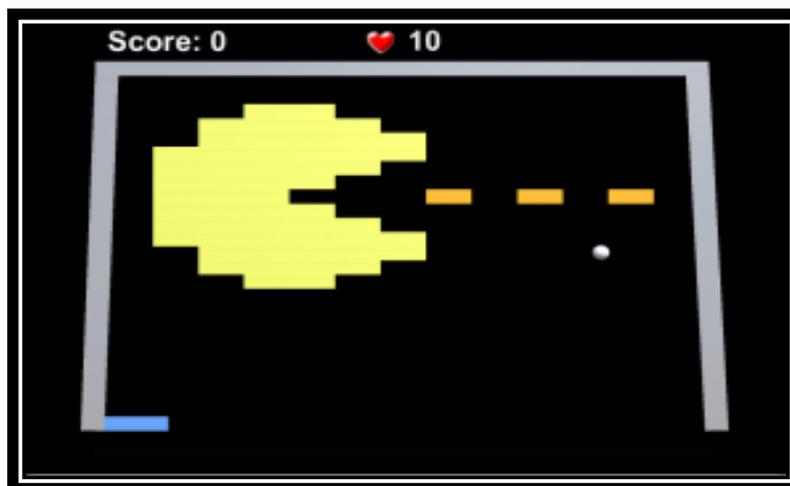


Figura 3.9: Juego de Breakout.

### 3.3 Herramienta de Desarrollo Gráfico: Unity

**Unity** <sup>[10]</sup> es un motor gráfico desarrollado por Unity Technologies. Ofrece muchísimas herramientas, desde para hacer algo muy simple en 2D, hasta trabajar con realidad virtual.

La versión en la que se encuentra actualmente es la 5.6.1. Es un proyecto que se encuentra en constante actualización y que cuenta con una comunidad muy activa. Además, cuenta con las siguientes características:

- Multiplataforma: Permite crear juegos para:
  - Web (WebGL).

- PC (Windows, SteamOS, OS X, GNU/Linux).
  - Dispositivos Móviles (iOS, Android, Windows Phone, Tizen).
  - Smart TV (tvOS, Samsung Smart TV, Android TV).
  - Consolas (PlayStation Vita, PlayStation 4, Xbox 360, Xbox One, Wii U, Nintendo 3DS, Nintendo Switch).
  - Dispositivos de Realidad Virtual (Oculus Rift, Google Cardboard, HTC Vive, PlayStation VR, Samsung Gear VR, Microsoft Hololens).
- Buena curva de aprendizaje, sencillo de aprender, pero sin quitarle potencia.
  - API bien documentado.
  - Foro con usuarios y administradores muy activos para poder consultar dudas.

Los Lenguajes que soporta este motor son los siguientes:

- JavaScript.
- Boo (muy similar a Python).
- C#.

En cuanto al precio de Unity, existen 4 versiones:

- Personal: Contiene todas las prestaciones que principiantes como aficionados necesitan para comenzar.
  - Precio – 0.00 €.
- Plus: Para creadores serios que quieren hacer realidad su visión.
  - Precio – 35.00 €/mes.
- Pro: Para profesionales que buscan obtener ganancias a partir de una personalización avanzada y la máxima flexibilidad.
  - Precio – 125.00 €/mes.
- Enterprise: Una solución a la medida de las metas creativas de tu organización.
  - Precio - Varía según las necesidades que se piden por parte de la organización.

### 3.4 IDE (Integrated Drive Electronics): Visual Studio

**Microsoft Visual Studio** <sup>[11]</sup> es un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) para sistemas operativos Windows. Soporta múltiples lenguajes de programación, tales como: C++, C#, Visual Basic .NET, F#, Java, Python, Ruby y PHP, al igual que entornos de desarrollo web como ASP.NET MVC, Django, etc., a lo cual hay que sumarle las nuevas capacidades online bajo Windows Azure en forma del editor Monaco.

Visual Studio permite a los desarrolladores crear sitios y aplicaciones web, así como servicios en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET (a partir de la versión .NET 2002). Así, se pueden crear aplicaciones que se comuniquen entre estaciones de trabajo, páginas web, dispositivos móviles, dispositivos embebidos y consolas entre otros.

## 3.5 Dispositivos Físicos Soportados

En este apartado se explicarán los dispositivos físicos que han sido incluidos para el desarrollo del juego para que se puede utilizar en neurorrehabilitación:

- El dispositivo de Eye-Tracker: Permite jugar con la vista.
- El ratón: Permite jugar manualmente.

### 3.5.1 Eye-Tracker

**Seguimiento de ojos** <sup>[12]</sup> (traducido del inglés Eye-Tracking) es el proceso de detectar, bien el punto donde se fija la mirada (donde estamos mirando), o el movimiento del ojo en relación con la cabeza.

Este estudio del movimiento de los ojos no es algo moderno, se lleva investigando desde hace más de un siglo. En 1980 se empezaron a utilizar sistemas de seguimiento de ojos para resolver preguntas relacionadas con la interacción persona-computador. Sin embargo, no fue hasta 2006 aproximadamente, cuando se empezaron a producir Eye-Trackers a un bajo coste, aunque no eran muy precisos.

Los primeros que se utilizaron en el mundo empresarial tenían unos precios de 20.000 a 30.000 \$, que es un precio bastante asequible para una empresa, pero no para un usuario particular. Sin embargo, desde hace unos años, ya hay empresas que han sacado dispositivos de seguimiento ocular a un precio mucho más razonable para cualquier persona. Estamos hablando del dispositivo TheEyeTribe, cuyo costo para estos proyectos es de 99 \$, aunque la empresa ya está desarrollando otra versión mejorada del producto a un coste de 199 \$.

**TheEyeTribe** <sup>[13]</sup>, es una empresa danesa “startup” fundada por cuatro personas en 2011, que produce sistemas de Eye-Tracking y el software necesario para usarlos. Las características de este modelo, cuyo coste es de 99 \$, son las siguientes:

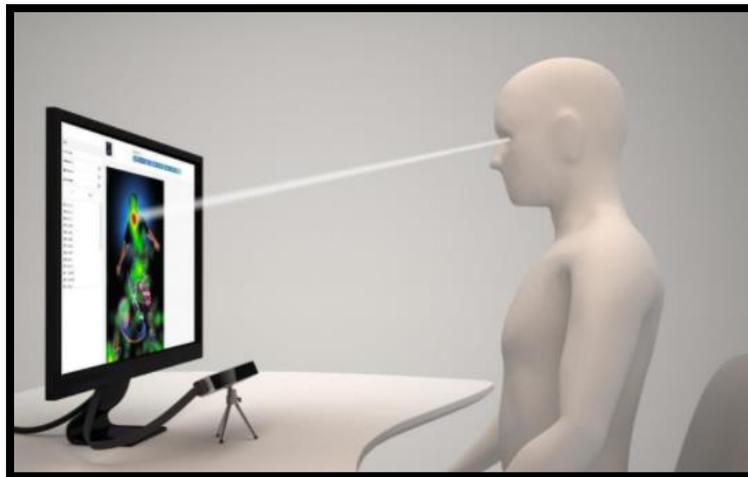
- Ratio de muestreo: de 30 Hz, a 60 Hz.
- Latencia: menos de 20 ms a 60 ms.
- Precisión: 0.5° de media.
- Calibración: formato de 5, 9 y 12 puntos.
- Máximo tamaño de pantalla soportados: 24 pulgadas.

- Área de funcionamiento: 40 cm x 30 cm a 65 cm de distancia.
- Lenguajes que soporta la API/SDK: C#, java y C++.
- Peso: 70 g.
- Dimensiones: 20 cm x 1.9 cm x 1.9 cm.
- Necesita ser enchufado a un puerto USB 3.0, en cualquier otro puerto no funcionará, debido a que ha sido optimizado para este puerto.

Entonces, cualquier persona con un ordenador con un puerto USB 3.0 y este Eye-Tracker, podrá utilizar el juego implementado en su casa sin problema.



**Figura 3.10:** Eye-Tracker.



**Figura 3.11:** Ejemplo de uso del Eye-Tracker.

### 3.5.2 Ratón

El otro dispositivo que soporta el juego desarrollado es el más común de hoy en día: el ratón. Para que se puedan hacer pruebas en la investigación que se está llevando a cabo, el paciente debe poder jugar también con la mano. Posteriormente, el equipo médico hará comparaciones entre los estados de activación del cerebro del paciente jugando, con el Eye-Tracker y con el ratón.

# Capítulo 4.

## Adaptación de los Videojuegos

Una vez estudiado el problema médico abordado y el funcionamiento de los videojuegos con el Eye-Tracker se procede a adaptar dichos videojuegos para extraer la información de interés para que los especialistas médicos puedan controlar de forma remota y eficiente a los pacientes.

### 4.1 Información extraíble en la versión previa

El usuario tiene la capacidad de elegir si quiere guardar o no el fichero donde se registran las coordenadas donde apunta la mirada mientras juega, antes de la calibración con el Eye-Tracker (Figura 4.1).

Este fichero es esencial, porque con él, los especialistas médicos podrían ver dichas coordenadas una vez jugada su partida, si el fichero estuviera accesible. En la versión anterior, este fichero se encontraba en una carpeta oculta no accesible a los médicos.

Por otro lado, utilizar únicamente las coordenadas de fijación de la mirada guardadas en este fichero, no basta para saber si la terapia se está realizando adecuadamente. Si el usuario se desconcentra, se distrae o se retira del juego sin apagarlo, el Eye-Tracker seguirá guardando muestras de la última posición detectada. Esta circunstancia puede dar lugar a error en la interpretación de los datos por parte del médico, ya que puede pensar que el usuario sigue jugando. Detectar esto es importante, puesto que la terapia puede ser útil para el paciente si la lleva a cabo durante los periodos de tiempo mínimos establecidos por el médico.

```
253.6785,120.0121
253.6785,120.0121
253.6785,120.0121
254.7748,120.2869
256.4261,120.5326
256.4261,120.5326
255.7216,120.8377
255.7216,120.8377
256.8813,121.0553
256.8813,121.0553
260.982,121.3173
260.982,121.3173
262.2043,121.6796
...
```

**Figura 4.1:** Información extraída del fichero MedicData.txt. Los campos separados por comas representan: los ejes X e Y hacia donde mira el usuario respectivamente.

## 4.2 Adaptación de los videojuegos

Una vez localizado en el código fuente de ambos videojuegos, la ubicación y la estructura de cómo se escribe el fichero de las coordenadas, se ha optado por lo siguiente para enriquecer su eficiencia y así tratar el problema abordado:

- **Para la Ubicación:** Previamente se guardaba en una ruta oculta en el ordenador de quién ejecutaba el videojuego, siendo ésta de difícil acceso. Por lo tanto, se ha modificado para que, una vez el paciente haya ejecutado el videojuego, se genere el archivo en la misma ruta donde se haya inicializado.
- **Para la Estructura:** El fichero se ha enriquecido con nuevos campos con la fecha y hora de cada registro de detección de la mirada. De esta forma, el especialista médico puede comprobar si el paciente ha estado jugando activamente el tiempo mínimo establecido.

Una vez modificado el fichero (Figura 4.2), tanto su ubicación como su contenido, tenemos que sincronizarlo de alguna manera para que lo reciba el especialista médico a tiempo real y permitirle su análisis. Para ello, se han considerado los distintos servicios de almacenamiento en la nube más conocidos, comentados en el siguiente capítulo.

### Eje X – Eje Y – Año – Mes – Día – Hora – Minutos – Segundos

```
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.281
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.286
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.288
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.288
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.290
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.291
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.293
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.293
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.296
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.297
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.298
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.300
335.274;220.5197;23;6;2017;21;36;58.302
...
```

**Figura 4.2:** Información extraída del fichero médico actualizado. Los campos separados por puntos y comas representan: Eje X; Eje Y; Año; Mes; Día; Hora; Minutos; Segundos respectivamente.

# Capítulo 5.

## Computación en la Nube

En este apartado se analizan los distintos servicios de almacenamiento en la nube para solucionar cómo sincronizar el fichero con los parámetros de interés en tiempo real. De esta manera, el especialista médico puede comprobar, de forma remota, si el paciente está realizando su terapia neurorrehabilitadora adecuadamente en su domicilio.

### 5.1 ¿Qué es Software en la Nube?

La **Computación en la Nube (Cloud Computing)** <sup>[14]</sup> cambia el panorama en el campo del software. La época en que los paquetes de software se vendían en cajas acompañados de una licencia única y perpetua está llegando a su fin, las suites de software que muchas veces tienen funcionalidades que muy pocos hacen uso y su elevado coste, así como la instalación tediosa y otros aspectos, hacen que el software en la nube tenga una potencial demanda para personas, pequeñas y medianas empresas por la reducción de costes y por la gestión inmediata del mismo.

Software en la nube es un término que se utiliza para designar a la tecnología proporcionada como un servicio a través de internet. El usuario no instala la aplicación en el ordenador. El software se hospeda en otro lugar y el usuario lo utiliza en su navegador mediante un modelo de pago por suscripción, por lo tanto los precios son asequibles.

A diferencia de los modelos tradicionales de software en caja, los modelos en la nube se basan en tasas mensuales y permiten que el cliente cancele la suscripción cuando quiera. Los modelos tradicionales exigen la instalación física y un pago por adelantado sustancial, después de haberlo instalado, el proveedor del software podrá cobrar una tasa de mantenimiento anual por el soporte y esperar que el usuario pague por actualizaciones futuras. Cosa que en el software en la nube no sucede, el software siempre estará actualizado y siempre tendrá soporte.

Para el caso que nos concierne, se han estudiado distintos Softwares en la Nube que permiten el almacenamiento y la sincronización a tiempo real de los archivos subidos a la misma.

### 5.1.1 MEGA

**MEGA** <sup>[15]</sup> es el nuevo servicio creado por el fundador de MegaUpload (Kim DotCom). Es una plataforma de descarga que permite a los usuarios almacenar contenidos en la nube, compartir con otros usuarios e interactuar con otros miembros de MEGA.

El servicio es gratuito y no tendrá publicidad como su antecesor, sin embargo, incluye diferentes “packs” para los usuarios que necesitan mayor ancho de banda para descargar y sobre todo mayor capacidad.

Las principales características de MEGA son las siguientes:

- Interfaz sencilla de gestionar. Disponible también en español.
- 50 GB de almacenamiento gratuito.
- Camera Sync: Sincronización de cámara. Para que las fotos y videos que se hagan con el móvil se suban automáticamente a la nube.
- Búsqueda de ficheros en la cuenta.
- Compartir descargar a través de links.
- Se puede borrar los ficheros, renombrarlos, trasladarlos y compartirlos.
- Se puede crear carpetas.
- Compatible con el sistema Android 2.3 y versiones posteriores.

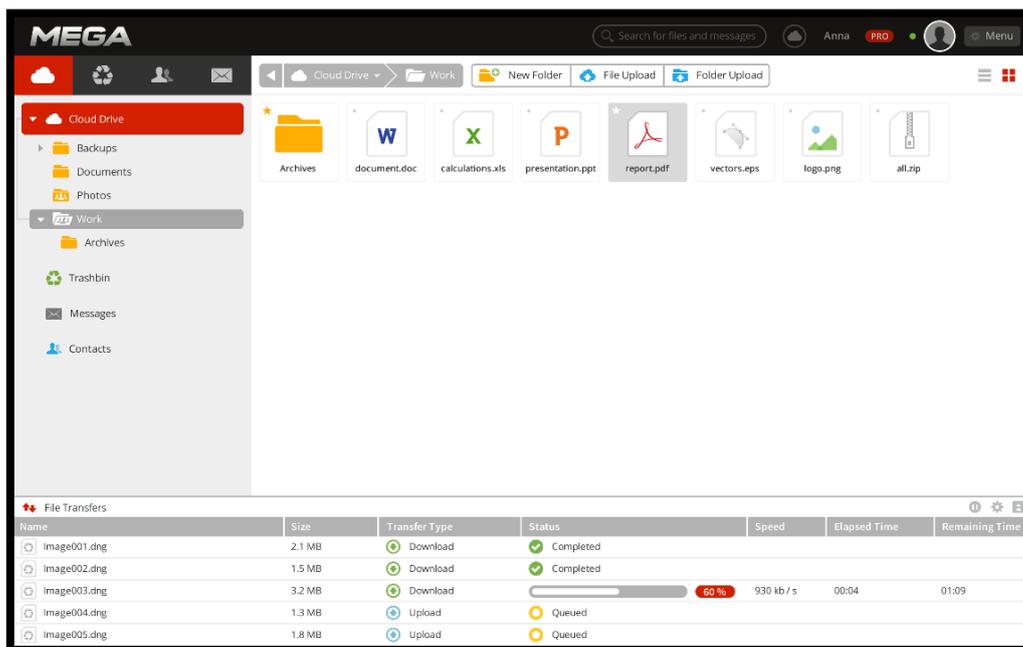
El precio del servicio premium es el siguiente:

- 500 GB con 1 TB de ancho de banda: 9.99 \$/mes.
- 2 TB de almacenamiento + 4 TB de ancho de banda: 19.90 \$/mes.
- 4 TB de almacenamiento + 8 TB de ancho de banda: 29.90 \$/mes.

Otro de los aspectos interesantes de la plataforma es que “garantizan la fiabilidad del servicio” frente a infracciones del Copyright. El usuario será siempre responsable de los ficheros que suba a los servidores de la plataforma. En cualquier caso, no hay que olvidar que la información estará cifrada.



**Figura 5.1:** Logo de MEGA



**Figura 5.2:** Interfaz de MEGA

### 5.1.2 Google Drive

**Google Drive** <sup>[16]</sup> es un servicio de almacenamiento de archivos que fue introducido por Google el 24 de Abril de 2012 sin costo alguno y con 15 GB de capacidad, junto a planes de pago para los usuarios más exigentes.

Google Drive se puede conectar y sincronizar a otros servicios de la cartera de Google, tales como Google+, Google Docs., Gmail, lo que resulta muy útil para mantener copias de seguridad de nuestros datos.

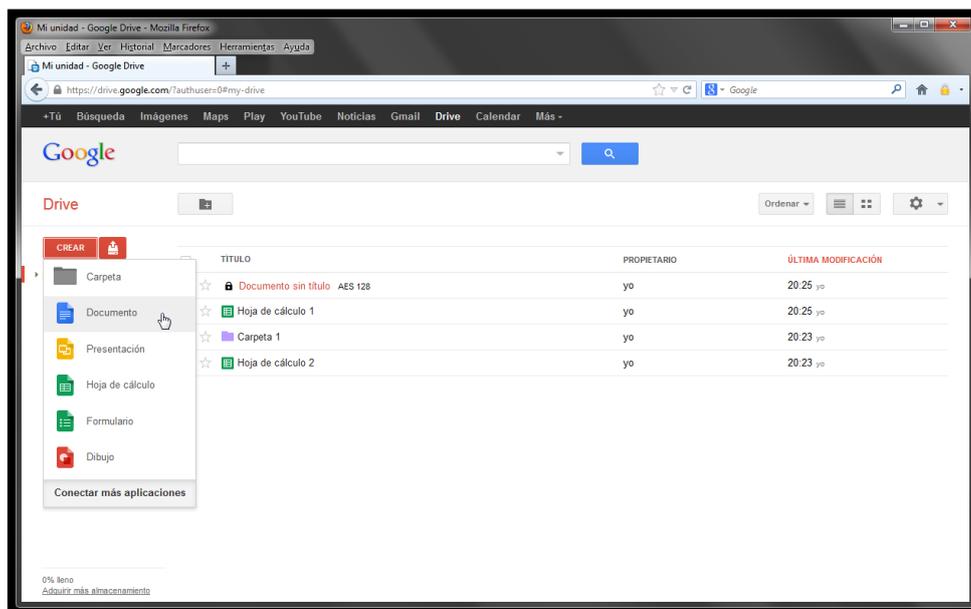
Las principales características de Google Drive son las siguientes:

- **Almacenamiento Gratuito y Pago:** La versión gratuita de Google Drive funciona con Gmail y Google Fotos. De esta forma se pueden almacenar distintos archivos y guardar una copia de seguridad. Google ofrece 15 GB de capacidad para el plan gratuito, y ofrece además versiones premium que llevan el almacenamiento a 25 GB y a hasta 100 GB.
- **Multiplataforma:** Existen versiones de Google Drive para los sistemas operativos Android, Linux, Mac y Windows.
- **Soporta cualquier archivo:** En Google Drive es indistinto si el usuario desea guardar fotos, archivos, presentaciones o videos. También, Drive permite guardar archivos adjuntos para luego compartirlos u organizarlos según la necesidad del usuario.

- **Privacidad:** Si bien los archivos que se suben a Google Drive pueden ser compartidos con otros usuarios, es importante destacar que los mismos son de índole privada hasta que el mismo usuario desea compartirlos.
- **Seguridad y protección:** Con Google Drive, cada archivo se almacena de manera segura independientemente de lo que le ocurra al dispositivo (Smartphone, Tablet o Computadora), debido a que los archivos se almacenan en los propios servidores de Google, permitiéndonos resguardar toda nuestra información.
- **Búsqueda potente:** Google Drive cuenta con un potente buscador interno, que tiene la particularidad de reconocer objetos dentro de las imágenes.
- **Trabaja con documentos, hojas de cálculo y presentaciones:** En Google Drive se pueden crear documentos y presentaciones en colaboración con otras personas. Sólo es preciso que el/los usuarios posean una cuenta de gmail para su acceso. Por otra parte, también se pueden confeccionar formularios, diseño de gráficos y diagrama de flujos, también con esta modalidad multi-usuario.
- **Trabajar sin conexión:** En Google Drive se puede activar la funcionalidad de “Trabajar sin conexión”. Esta opción se puede utilizar cuando la Tablet o el Teléfono se encuentren sin conexión a la red, funcionando de manera similar a la función “modo avión”.
- **Escaneo de documentos:** Este servicio se encuentra disponible para Android y permite trasladar todos los documentos que se encuentren en formato papel.
- **Cliente:** Para que Drive sincronice archivos entre la computadora del usuario y su almacenamiento en la nube, el cliente debe de estar abierto en la computadora del usuario. El cliente se comunica con Drive para que los cambios en un lado se reflejen en el otro y que así siempre contengan los mismos archivos.



**Figura 5.3:** Logo de Google Drive



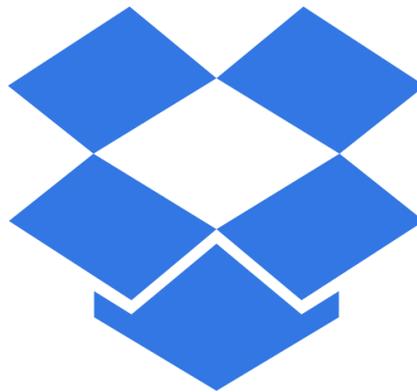
**Figura 5.4:** Interfaz de Google Drive.

### 5.1.3 Dropbox

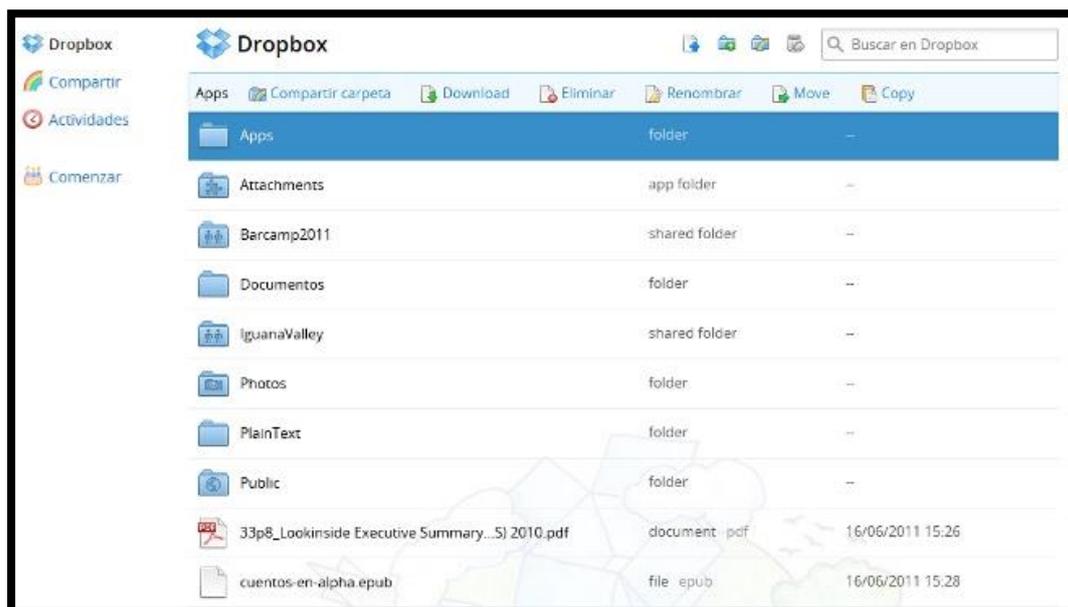
**Dropbox** <sup>[17]</sup> es un servicio de alojamiento de archivos multiplataforma en la nube, operado por la compañía Dropbox. El servicio “cliente de Dropbox” permite almacenar a los usuarios cualquier archivo en una carpeta asignada. Ese archivo se sincroniza en la nube y en todas las demás computadoras del cliente de Dropbox. Los archivos en la carpeta de Dropbox pueden entonces ser compartidos con otros usuarios de Dropbox, ser accesibles desde la página web o bien ser compartidos mediante un enlace de descarga directa, al que se puede acceder tanto de la versión web como desde la ubicación original del archivo en cualquiera de los ordenadores en las que se encuentre.

- **Funcionalidad:** Si bien Dropbox funciona como un servicio de almacenamiento, se centra en sincronizar y compartir archivos, y con un sistema que también permite hacerlo mediante USB. Además, posee soporte para historial de revisiones, de forma que los archivos borrados de la carpeta de Dropbox pueden ser recuperados desde cualquiera de los dispositivos sincronizados. Guarda hasta las últimas 4 versiones de cada fichero, por lo que no solo permite recuperar archivos borrados, sino versiones de un archivo que hayamos modificado. También existe la funcionalidad de conocer la historia de un archivo en el que se esté trabajando, permitiendo que una persona pueda editar y cargar los archivos sin peligro de que se pierdan las versiones previas. El historial de los archivos está limitado a un periodo de “30 días”, aunque existe una versión de pago que ofrece el historial “ilimitado”.

- **Cuentas:** Hay tres tipos de cuentas, “Free” siendo gratuita, “Pro” y “Business” que son de pago. Las diferencias están en la cantidad de espacio que se puede utilizar.
  - **Free:** Tiene una capacidad de 2 GB llegando hasta 16 GB (500 MB cuando una persona invitada por el usuario para utilizar Dropbox instala en su equipo la aplicación cliente correspondiente).
  - **Pro:** Tiene una capacidad de 1 TB. Cuyo coste de 9.99 \$/mes.
  - **Business:** Tiene una capacidad de 5 TB incluyendo herramientas para la administración en equipo. Cuyo coste varía según el número de miembros del equipo, yendo desde 795 \$/año – 31420 \$/año, por más de 250 personas.
- **Seguridad:** La sincronización de Dropbox usa transferencias SSL y almacena los datos mediante el protocolo de cifrado AES-256.



**Figura 5.5:** Logo de Dropbox.



**Figura 5.6:** Interfaz de Dropbox.

## 5.2 Elección de Nube

El servicio de almacenamiento que se ha elegido para este proyecto ha sido el Dropbox.

Se ha elegido Dropbox no sólo por su sencillez en su interfaz, sino porque los investigadores de Neuroquímica y Neuroimagen ya tienen los conocimientos básicos para controlar dicho servicio.

En cuanto a las dos nubes restantes, se han rechazado por los siguientes motivos:

- **Mega:** Se podría elegir este servicio principalmente por su gran capacidad de almacenamiento gratuito, pero su aplicación de escritorio no está optimizada, por lo que, conllevaría a errores a la hora de guardar los archivos en ella. Además, hay poca privacidad para los datos, ya que su predecesor, "MegaUpload", fue cerrado sin previo aviso por el FBI por exceso de piratería. Por lo tanto, no es confiable subir archivos importantes a pesar de las promesas de privacidad y seguridad del servicio.
- **Google Drive:** Es interesante creer que este servicio ofrece 15 GB de almacenamiento gratuito o 100 GB por 1.99 \$/mes. Pero lo que no informa de primera mano al usuario es que esta capacidad de almacenamiento se comparte entre los servicios de Gmail, Google+ y Drive. Por lo tanto, no ofrece dicha capacidad total de almacenamiento sólo para Google Drive. Además, Google tiene unificado todos sus servicios bajo uno solo, por lo que, si alguien consigue apropiarse de una sesión iniciada de Google Drive, podría acceder a Gmail, Google+ y demás servicios de Google sin necesidad de ninguna contraseña, lo que pone en riesgo la información del usuario en múltiples servicios o plataformas.

# Capítulo 6.

## Explotación de los Datos

En este apartado, una vez ya obtenido los datos de interés a través del fichero sincronizado mediante Dropbox, se va a detallar como se explotarán dichos datos para que el especialista médico pueda controlar de forma remota la neurorrehabilitación.

### 6.1 Software elegido: Excel

**Microsoft Excel** <sup>[18]</sup> es una aplicación de hojas de cálculo que forma parte de la suite de oficina de Microsoft Office. Es una aplicación utilizada en tareas financieras y contables, con fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación.

Excel permite a los usuarios elaborar tablas que incluyan cálculos matemáticos mediante fórmulas; las cuales pueden usar “operadores matemáticos como son: +(suma), -(resta), \*(multiplicación), /(división) y ^(potenciación); además de poder utilizar elementos denominado “funciones” (especie de fórmulas pre-configuradas) como, por ejemplo: SUMA, PROMEDIO, BUSCAR, etc.

### 6.2 Procedimiento

Al iniciar el Excel tendremos que abrir un nuevo “Libro en blanco” y comenzar a hacer algunos preparativos antes de insertar los datos de interés. Por lo tanto, iremos a:

#### “Archivo – Opciones – Avanzadas”

Y cambiaremos los separadores del sistema. El motivo de este cambio, es que Unity exporta los datos con un punto donde debería ir una coma decimal y Excel lo interpreta de otra manera y se perdería la información, así que cambiaremos eso de tal forma que quede de la siguiente manera.

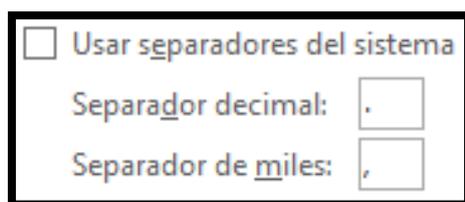


Figura 6.1: Excel – Usar Separadores del Sistema.

El siguiente paso que se tendrá que hacer es importar los datos de interés en nuestro Excel, para ello iremos a:

### “Datos – Obtener datos externos – Desde un archivo de texto”

y buscaremos el fichero que nos interesa y aceptamos la inserción con los siguientes pasos:

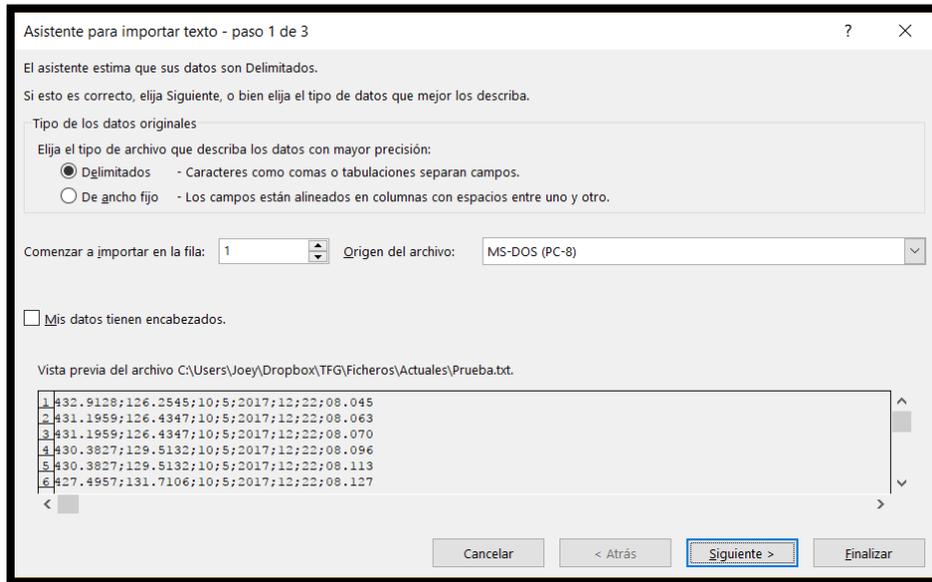


Figura 6.2: Paso 1 – Seleccionar “Delimitados”.

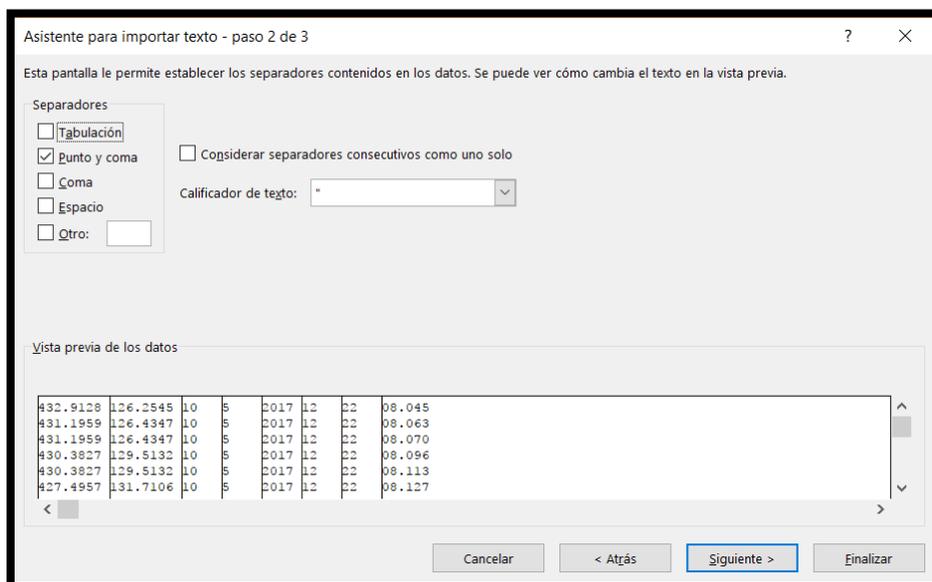


Figura 6.3: Paso 2 – Seleccionar Separador “Punto y coma”.

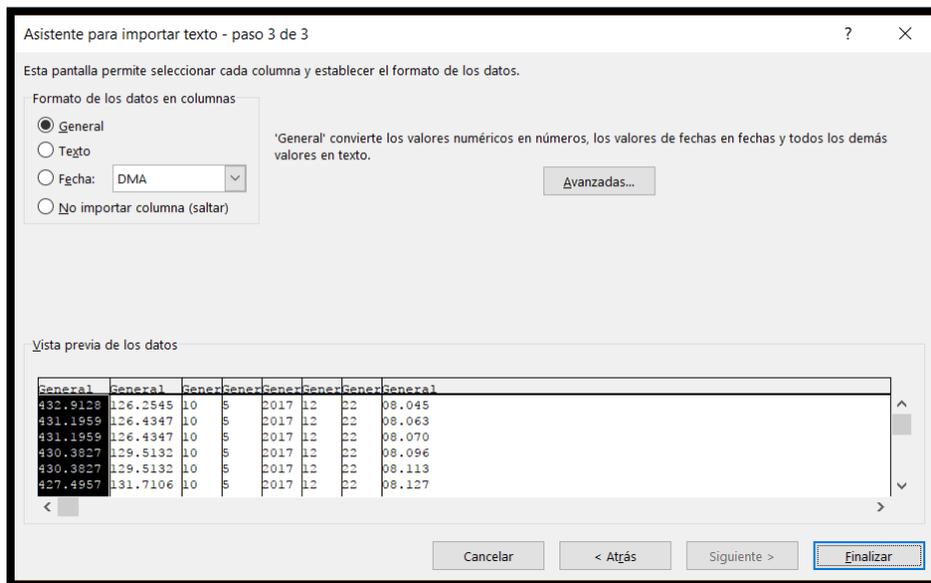


Figura 6.4: Paso 3 – Formato de los datos en columnas en “General”.

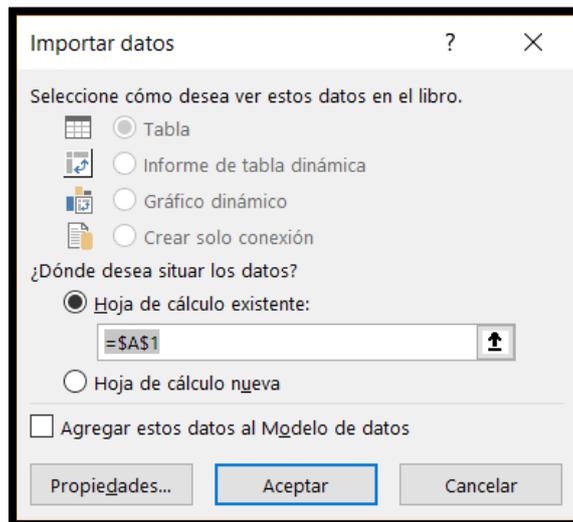
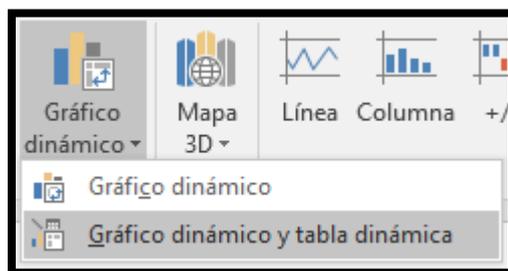


Figura 6.5: Paso 4 – Seleccionar la celda donde se va a posicionar y aceptar.

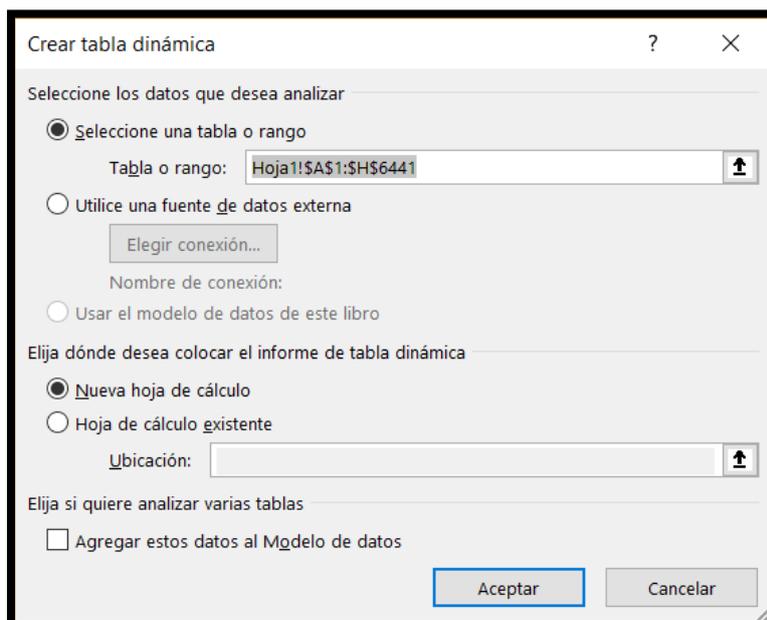
Una vez insertados los datos en el Excel, tenemos que ponerle nombre a los campos que son necesarios para identificar cada columna. Estos campos son:

**Eje X – Eje Y – Día – Mes – Año – Hora – Minuto – Segundo**

Luego de esto, seleccionaremos la tabla completa (asegurarse de que se coge la tabla completa y no celdas en blanco al final de la misma), para ello está el siguiente truco: Seleccionar la primera celda (A1) y con el siguiente comando de teclado, manteniendo Control + Shift utilizaremos las flechas hacia abajo y hacia la derecha para seleccionarla completamente, y estaremos preparados para insertar una tabla y gráfico dinámico.

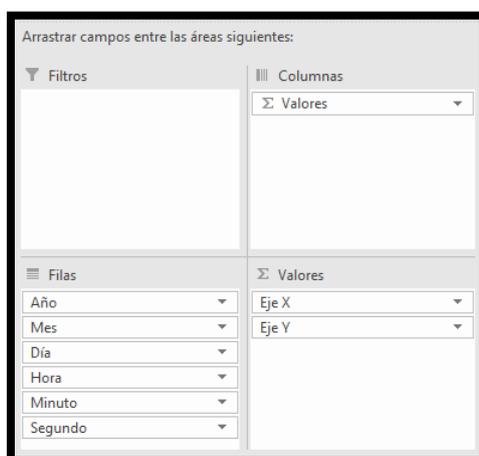


**Figura 6.6:** Insertar – Gráfico Dinámico.



**Figura 6.7:** Menú del Gráfico Dinámico.

Una vez dado a aceptar, nos llevará a una hoja nueva del Excel, con un menú a la derecha bastante peculiar. En este menú podemos ver los Campos de Gráfico Dinámico, en él podemos arrastrar dichos campos entre las áreas de abajo, pero para que nos de unos resultados coherentes lo haremos de la siguiente forma.



**Figura 6.8:** Forma coherente de arrastrar los campos a las distintas áreas.



# Capítulo 7.

## Pruebas Realizadas

Después de que se realizaran pruebas con los distintos videojuegos, durante algún tiempo, con 3 personas, se han podido extraer las siguientes conclusiones:

- La calibración está programada de forma adecuada, aunque es muy sensible a movimientos de la cabeza.
- Jugar a los distintos videojuegos con el ratón es sencillo, pero acostumbrarse a jugar con el Eye-Tracker conlleva más tiempo.
- Escribir el nombre del usuario con el teclado visual resulta complicado muchas veces, ya que el mínimo movimiento de la cabeza produce errores en el cálculo.
- Se ha verificado que se crea sin problemas el fichero que contiene los datos de interés justo al cierre del juego, y en la misma ruta en la que se inicializó. Si el fichero ya está creado, se va actualizando con los nuevos datos.
- El médico debe instalar el Dropbox en el ordenador del paciente, mediante un enlace, para aumentar de paso la capacidad de almacenamiento de la cuenta del médico. El siguiente paso es compartir una carpeta con el paciente y añadir en ella los juegos. A partir de este momento, el paciente podrá hacer uso de estos juegos desde su casa. Cada vez que juegue se generará el fichero de seguimiento a tiempo real, y el médico podrá consultarlo desde su ordenador debido al mecanismo de sincronización. Todo este procedimiento ha sido validado técnicamente, y es importante destacar que es necesario recalcarle al paciente que no mueva ningún archivo de la carpeta compartida.

# Capítulo 8.

## Conclusiones y líneas futuras

### 8.1 Conclusiones

En este TFG se ha conseguido diseñar un método eficaz que permite a los especialistas de neurorrehabilitación del Hospital Universitario de Canarias hacer un seguimiento fiable de sus pacientes a distancia y a tiempo real.

La motivación de este TFG es evitar que los pacientes deban desplazarse hasta el HUC para realizar su terapia neurorrehabilitadora, que consiste en jugar videojuegos serios (Space Invaders <sup>[3]</sup> y Breakout <sup>[4]</sup>).

Estos videojuegos guardaban, en un fichero oculto y de difícil acceso para el especialista médico, los datos del movimiento ocular de los pacientes, concretamente las coordenadas X e Y hacia donde miraban mientras jugaban a estos videojuegos serios.

La solución propuesta ha conseguido modificar la ubicación del archivo y su contenido (añadiendo los campos de fecha y hora en el que se registró la coordenada X e Y). De este modo el archivo puede ser sincronizado a tiempo real desde Dropbox, y el especialista médico puede analizar si el paciente está ejecutando la terapia neurorrehabilitadora adecuadamente en su domicilio desde su ordenador.

El proyecto ha dado solución a los problemas inicialmente planteados y ha cumplido con los objetivos mencionados en los apartados anteriores en este documento.

En cuanto a competencias adquiridas y contacto con nuevas herramientas tecnológicas, hay que resaltar todo lo aprendido al trabajar con Unity y con un Eye-Tracker, puesto que el alumno que ha desarrollado este proyecto no había trabajado con ellos previamente.

También añadir que el alumno ha podido participar en el proyecto de investigación del HUC que engloba este TFG, sometiéndose a una resonancia magnética y jugando a los videojuegos serios en **IMETISA** <sup>[19]</sup>. Además ha tenido la oportunidad de exponer el TFG en la conferencia de **Women Techmakers Tenerife**<sup>[20]</sup> celebrada el 24 de Marzo de 2017 en la Universidad de La Laguna.

## 8.2 Líneas Futuras

De cara al futuro este proyecto se podría mejorar en varios aspectos:

- Mejora de algunas funcionalidades de los juegos. Por ejemplo, que el cambio de nivel en el Space Invaders o el movimiento de la barra en el Breakout no sean tan bruscos.
- Desarrollar algún script que ayude a arrancar el servidor del Eye-Tracker con el juego.
- Modificar el juego para que pueda ser utilizado con otros Eye-Trackers que ofrezcan mejor precisión.

Finalmente, mencionar que, si el equipo médico determina que los pacientes mejoran su movilidad con esta estrategia de neurorrehabilitación, otra línea de desarrollo futura podría ser la implementación de nuevos juegos, como por ejemplo el Pong.

# Capítulo 9.

## Summary and Conclusions

### 9.1 Conclusions

In this EDW an efficient method that allows doctors of the Canary University Hospital to control at distance and in real time if their patients are correctly doing the neurorehabilitation therapy has been designed.

The main goal of this EDW is to avoid the movement of patients to the hospital for developing their neurorehabilitation therapy, which is based on playing serious videogames (Space Invaders <sup>[3]</sup> y Breakout <sup>[4]</sup>).

These videogames stored the data of the patients' ocular movements (specifically the X and Y coordinates of their gaze during the game with these serious videogames) in a hidden file with difficult access for the medical staff.

The proposed solution has allowed the modification of the location of this file and its contents (adding fields for the date and time in which the X and Y coordinates were recorded). Therefore the file can be synchronized in real time from Dropbox, and the medical staff is able to access it for analysing if the patient is properly developing the neurorehabilitation therapy at home in his/her own computer.

The project has solved the initial tackled problems and achieved the objectives exposed in the previous sections of this document.

Regarding to the acquired skills and the contact with new technological tools, it is necessary to highlight all new things learned by working with Unity and an Eye Tracker device, because the student had never worked with these tools before.

Furthermore, the student has had the opportunity of participating in the IMETISA's research Project that includes this EDW, through a nuclear magnetic resonance while playing serious videogames. In addition, he has presented this EWD in the Women Techmakers Tenerife Conference celebrated in the University of La Laguna on 24<sup>th</sup> march 2017.

## 9.2 Future Work

This project could be improved in several ways in the future:

- Improvement of some functionalities of the videogames. For example, the level change in the Space Invaders and stick movement in the Breakout could be softer.
- Development of some script that helps to start the server of the Eye-Tracker with the game.
- Modify the games for being used with other Eye-Trackers that offer better precision.

Finally, if the medical staff determines that patients improve their motion problems with this strategy of neurorehabilitation, another future line could be the development of new games, as for example Pong.

# Capítulo 10.

## Presupuesto

El presupuesto de este proyecto se muestra en la Tabla 10.1. Se representa en dos partes, por un lado, el coste del material utilizado y por el otro, el coste de las horas de trabajo invertidas por parte del ingeniero en el desarrollo del mismo.

Descripción	Coste
Eye-Tracker	99,00 €
Horas Trabajadas (400 horas * 20 €/hora)	8.000,00 €
Total	8099,00 €

**Tabla 10.1:** Tabla de Presupuesto.

# Apéndice A.

## Funciones Principales

### A.1. Repositorio GitHub

Todo el código de este proyecto, más los ejecutables y los instaladores necesarios para su funcionamiento, se encuentra en el siguiente repositorio de GitHub:

[“https://github.com/alu0100723304/TFG-TheEyeTribe”](https://github.com/alu0100723304/TFG-TheEyeTribe)

# Bibliografía

- [1] Accidente Cerebrovascular (ACV):  
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000726.htm>
- [2] Neurorehabilitación:  
<http://www.neuroped.es/que-es-neurorehabilitacion-y-estimulacion-del-neurodesarrollo/>
- [3] M. A. Rodríguez Santana, Trabajo de Fin de Grado, Implementación de Videojuegos para Neurorehabilitación a través de Eye-Tracking.
- [4] R. Martínez Galán, Trabajo de Fin de Grado, Desarrollo de Videojuegos para la Neurorehabilitación mediante Eye-Tracking.
- [5] Eye-Tracking:  
<http://www.solucionesc2.com/que-es-el-eye-tracking-y-para-que-nos-sirve/>
- [6] Videojuego:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Videojuego>
- [7] Videojuego Serio:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Juego\\_serio](https://es.wikipedia.org/wiki/Juego_serio)
- [8] Space Invaders:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Space\\_Invaders](https://es.wikipedia.org/wiki/Space_Invaders)
- [9] Breakout:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Breakout\\_\(videojuego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Breakout_(videojuego))
- [10] Unity:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(motor\\_de\\_juego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_juego))
- [11] Microsoft Visual Studio:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Visual\\_Studio](https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio)
- [12] Seguimiento de ojos (Eye-Tracking):  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Seguimiento\\_de\\_ojos](https://es.wikipedia.org/wiki/Seguimiento_de_ojos)
- [13] TheEyeTribe:  
<https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/theeyetribe.com/theeyetribe.com/index.html>

- [14] Computación en la Nube (Cloud Computing):  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Computaci%C3%B3n en la nube](https://es.wikipedia.org/wiki/Computaci%C3%B3n_en_la_nube)
- [15] MEGA:  
<http://etecnologia.com/almacenamiento/mega>
- [16] Google Drive:  
<https://www.caracteristicas.co/google-drive/>
- [17] Dropbox:  
<http://e-forma.kzgunea.eus/mod/book/view.php?id=7344>
- [18] Microsoft Excel:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft Excel](https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel)
- [19] IMETISA:  
<http://www.segai.ull.es/services/4-servicio-de-resonancia-magnetica-para-investigaciones-biomedicas>
- [20] Women Techmakers Tenerife:  
<http://techandladies.wixsite.com/wtmtenerife>