



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería
Informática**

**Desarrollo de un entorno de
realidad virtual para personas
con problemas motrices en las
extremidades superiores**



Presentado por Rodrigo Grande Muñoz
en Universidad de Burgos — 2 de abril de 2025
Tutor: Alvar Arnaiz Gonzalez



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



D. nombre tutor, profesor del departamento de nombre departamento, área de nombre área.

Expone:

Que el alumno D. Rodrigo Grande Muñoz, con DNI dni, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado título de TFG.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 2 de abril de 2025

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor

Resumen

Este proyecto se realiza en colaboración con la fundación ASPAYM y HP, cuya misión es mejorar la calidad de vida de las personas con lesión medular y discapacidad física grave. Con el objetivo de favorecer su recuperación, la fundación ha desarrollado una serie de puzzles impresos en 3D que fomentan movimientos específicos, como la extensión del codo, la abducción del brazo y el giro de la muñeca. Estos ejercicios han demostrado ser efectivos, pero requieren la presencia física de los usuarios en la asociación y la supervisión de un profesional.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un *entorno virtual* en el que los usuarios puedan realizar estos ejercicios desde casa mediante herramientas de realidad virtual. Esta solución permitirá no solo la realización remota de los ejercicios, sino también un seguimiento preciso de la actividad de cada usuario, registrando parámetros que puedan ser consultados en remoto por profesionales del sector.

Para el desarrollo de la aplicación se utilizará el motor Unreal Engine, empleando tanto C++ como Blueprint para la programación de la lógica del sistema.

Se busca ofrecer una solución innovadora y accesible que facilite la rehabilitación motriz, mejorando la autonomía de los usuarios y optimizando el seguimiento terapéutico a través de la tecnología de realidad virtual.

Descriptores

puzzles,*entorno virtual*,seguimiento remoto,rehabilitación motriz, Unreal Engine

Abstract

This project is carried out in collaboration with the ASPAYM Foundation and HP, whose mission is to improve the quality of life of people with spinal cord injuries and severe physical disabilities. In order to support their recovery, the foundation has developed a series of 3D-printed puzzles designed to encourage specific movements, such as elbow extension, arm abduction, and wrist rotation. These exercises have proven to be effective, but they require users to be physically present at the association and supervised by a professional.

The goal of this project is to develop a *virtual environment* where users can perform these exercises from home using virtual reality tools. This solution will not only enable remote execution of exercises but also allow for precise tracking of each user's activity, recording parameters that can be remotely accessed by healthcare professionals.

The application will be developed using the Unreal Engine, utilizing both C++ and Blueprint for system logic programming.

This project aims to provide an innovative and accessible solution that facilitates motor rehabilitation, enhances users' autonomy, and optimizes therapeutic monitoring through virtual reality technology.

Keywords

puzzles, *virtual environment*, remote monitoring, motor rehabilitation, Unreal Engine

Índice general

Índice general	iii
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	v
1. Introducción	1
2. Objetivos del proyecto	3
2.1. Contexto	3
2.2. Objetivos	4
3. Conceptos teóricos	7
3.1. Secciones	7
3.2. Referencias	7
3.3. Imágenes	8
3.4. Listas de items	8
3.5. Tablas	9
4. Técnicas y herramientas	11
5. Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	13
6. Trabajos relacionados	15
7. Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	17
Bibliografía	19

Índice de figuras

3.1. Autómata para una expresión vacía	8
--	---

Índice de tablas

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	9
---	---

1. Introducción

Descripción del contenido del trabajo y del estructura de la memoria y del resto de materiales entregados.

2. Objetivos del proyecto

2.1. Contexto

Este trabajo se enmarca en el ámbito de la rehabilitación física asistida por tecnologías inmersivas. Se propone el desarrollo de una herramienta innovadora en forma de entorno de realidad virtual para favorecer la recuperación motora de personas con lesión medular o discapacidad física en las extremidades superiores mediante la realización de puzles.

Actualmente, se utilizan puzles físicos impresos en 3D para promover movimientos específicos que permite la rehabilitación de estas personas. Sin embargo, este enfoque presencial limita la autonomía de los usuarios y requiere supervisión constante por parte de profesionales.

El presente proyecto busca trasladar estos ejercicios a un entorno virtual accesible desde el domicilio del usuario. Mediante el uso de cascos de realidad virtual y controladores (o hand tracking en un futuro), se desarrollarán actividades interactivas que simulan los puzles físicos. Además, se recopilarán métricas clave sobre la actividad motriz y el progreso del usuario, que podrán ser consultadas por profesionales de forma remota mediante un CSV exportado con todos los datos relevantes sobre el progreso del paciente en los puzles.

El desarrollo se llevará a cabo utilizando Unreal Engine, combinando programación en C++ y Blueprint, así como recursos 3D entregados ,ya realizados por la fundación, y el marketplace de Unreal. El proyecto se beneficia del asesoramiento de los profesionales de ASPAYM para garantizar la validez terapéutica del sistema.

2.2. Objetivos

Los objetivos se dividen en dos categorías: técnicos y de desarrollo software.

Objetivos técnicos

1. **Simular puzles físicos en un entorno VR:** reproducir los ejercicios físicos diseñados por ASPAYM mediante interacción virtual precisa.
2. **Registrar métricas motrices relevantes:** como número de repeticiones, rangos de movimiento, tiempos de resolución o errores durante la actividad.
3. **Facilitar la evaluación del progreso del usuario:** mediante informes visuales y datos exportables para su análisis por parte de profesionales.
4. **Permitir el uso remoto de la herramienta:** asegurando accesibilidad desde entornos domésticos sin supervisión directa constante.
5. **Colaborar con expertos en rehabilitación:** validando el diseño de los ejercicios virtuales y su equivalencia funcional con los ejercicios físicos.
6. **Explorar la viabilidad del hand tracking:** como alternativa a los mandos que acompañan las gafas de realidad virtual, buscando una experiencia más natural y accesible.
7. **Garantizar la estabilidad y rendimiento del entorno virtual:** con pruebas de usabilidad y detección temprana de errores.

Objetivos de desarrollo software

1. **Desarrollar el entorno de realidad virtual utilizando Unreal Engine:** combinando C++ y Blueprints para lograr un equilibrio entre rendimiento y modularidad.
2. **Implementar y optimizar modelos 3D con Blender:** representando fielmente los puzles físicos y el entorno de trabajo.
3. **Seguir una metodología ágil de desarrollo (SCRUM):** organizando el trabajo en sprints y manteniendo una comunicación clara mediante GitLab.

4. **Realizar pruebas manuales:** que permitan verificar la funcionalidad del sistema en distintas etapas de desarrollo.
5. **Preparar el sistema para su despliegue en dispositivos de realidad virtual:** inicialmente en una versión específica de dispositivo, con posibilidad de extenderlo a más dispositivos.

3. Conceptos teóricos

En aquellos proyectos que necesiten para su comprensión y desarrollo de unos conceptos teóricos de una determinada materia o de un determinado dominio de conocimiento, debe existir un apartado que sintetice dichos conceptos.

Algunos conceptos teóricos de L^AT_EX ¹.

3.1. Secciones

Las secciones se incluyen con el comando `section`.

Subsecciones

Además de secciones tenemos subsecciones.

Subsubsecciones

Y subsecciones.

3.2. Referencias

Las referencias se incluyen en el texto usando `cite` [3]. Para citar webs, artículos o libros [2], si se desean citar más de uno en el mismo lugar [1, 2].

¹Créditos a los proyectos de Álvaro López Cantero: Configurador de Presupuestos y Roberto Izquierdo Amo: PLQuiz

3.3. Imágenes

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de \LaTeX , pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:



Figura 3.1: Autómata para una expresión vacía

3.4. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.
2. segundo item.

Primer item más información sobre el primer item.

Segundo item más información sobre el segundo item.

■

Herramientas	App	AngularJS	API REST	BD	Memoria
HTML5		X			
CSS3		X			
BOOTSTRAP		X			
JavaScript		X			
AngularJS		X			
Bower		X			
PHP			X		
Karma + Jasmine		X			
Slim framework			X		
Idiorm			X		
Composer			X		
JSON		X	X		
PhpStorm		X	X		
MySQL				X	
PhpMyAdmin				X	
Git + BitBucket		X	X	X	X
MikTeX					X
TeXMaker					X
Astah					X
Balsamiq Mockups		X			
VersionOne		X	X	X	X

Tabla 3.1: Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto

3.5. Tablas

Igualmente se pueden usar los comandos específicos de \LaTeX o bien usar alguno de los comandos de la plantilla.

4. Técnicas y herramientas

Esta parte de la memoria tiene como objetivo presentar las técnicas metodológicas y las herramientas de desarrollo que se han utilizado para llevar a cabo el proyecto. Si se han estudiado diferentes alternativas de metodologías, herramientas, bibliotecas se puede hacer un resumen de los aspectos más destacados de cada alternativa, incluyendo comparativas entre las distintas opciones y una justificación de las elecciones realizadas. No se pretende que este apartado se convierta en un capítulo de un libro dedicado a cada una de las alternativas, sino comentar los aspectos más destacados de cada opción, con un repaso somero a los fundamentos esenciales y referencias bibliográficas para que el lector pueda ampliar su conocimiento sobre el tema.

5. Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto, comentados por los autores del mismo. Debe incluir desde la exposición del ciclo de vida utilizado, hasta los detalles de mayor relevancia de las fases de análisis, diseño e implementación. Se busca que no sea una mera operación de copiar y pegar diagramas y extractos del código fuente, sino que realmente se justifiquen los caminos de solución que se han tomado, especialmente aquellos que no sean triviales. Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del diseño y de la implementación, con un mayor hincapié en aspectos tales como el tipo de arquitectura elegido, los índices de las tablas de la base de datos, normalización y desnormalización, distribución en ficheros³, reglas de negocio dentro de las bases de datos (EDVHV GH GDWRV DFWLYDV), aspectos de desarrollo relacionados con el WWW... Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.

6. Trabajos relacionados

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.

7. Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.

Bibliografía

- [1] Zachary J Bortolot and Randolph H Wynne. Estimating forest biomass using small footprint lidar data: An individual tree-based approach that incorporates training data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(6):342–360, 2005.
- [2] John R. Koza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. MIT Press, 1992.
- [3] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=LaTeX&oldid=84209252>, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].