

---

Análisis de captura de movimiento para  
inferencia de la comunicación no verbal  
Motion capture analysis for inference of  
non-verbal communication

---



Trabajo de Fin de Grado  
Curso 2024–2025

Autor

Alejandro Barrachina Argudo, Pablo Sánchez Martín

Director

Alejandro Romero Hernández, Ismael Sagredo Olivenza

Colaborador

Grado en Ingeniería Informática y Grado en Desarrollo  
de Videojuegos

Facultad de Informática

Universidad Complutense de Madrid



Análisis de captura de movimiento para  
inferencia de la comunicación no verbal  
Motion capture analysis for inference of  
non-verbal communication

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Informática y Grado  
en Desarrollo de Videojuegos

**Autor**

Alejandro Barrachina Argudo, Pablo Sánchez Martín

**Director**

Alejandro Romero Hernández, Ismael Sagredo Olivenza

**Colaborador**

**Convocatoria:** *Junio 2025*

Grado en Ingeniería Informática y Grado en Desarrollo de  
Videojuegos

Facultad de Informática

Universidad Complutense de Madrid

1 de mayo de 2025



# Dedicatoria

*A Pedro Pablo y Marco Antonio, por crear  
TeXiS e iluminar nuestro camino*



# Agradecimientos

A Guillermo, por el tiempo empleado en hacer estas plantillas. A Adrián, Enrique y Nacho, por sus comentarios para mejorar lo que hicimos. Y a Narciso, a quien no le ha hecho falta el Anillo Único para coordinarnos a todos.





# Resumen

## **Análisis de captura de movimiento para inferencia de la comunicación no verbal**

Un resumen en castellano de media página, incluyendo el título en castellano. A continuación, se escribirá una lista de no más de 10 palabras clave.

## **Palabras clave**

Máximo 10 palabras clave separadas por comas



# Abstract

## **Motion capture analysis for inference of non-verbal communication**

An abstract in English, half a page long, including the title in English. Below, a list with no more than 10 keywords.

## **Keywords**

10 keywords max., separated by commas.



# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	2
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.3. Plan de trabajo . . . . .	2
<b>2. Estado de la Cuestión</b>	<b>3</b>
<b>3. Descripción del Trabajo</b>	<b>5</b>
3.1. Búsqueda de un dataset . . . . .	5
3.2. Dataset Artificial . . . . .	5
3.3. Dataset real . . . . .	5
3.4. Modelos de Inteligencia Artificial (IA) . . . . .	5
3.5. Aplicación final . . . . .	5
<b>4. Conclusiones y Trabajo Futuro</b>	<b>7</b>
<b>Introduction</b>	<b>9</b>
4.1. Motivation . . . . .	10
4.2. Objectives . . . . .	10
4.3. Work Plan . . . . .	10
<b>Conclusions and Future Work</b>	<b>11</b>
<b>Contribuciones Personales</b>	<b>13</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>15</b>
<b>A. Título del Apéndice A</b>	<b>17</b>
<b>B. Título del Apéndice B</b>	<b>19</b>
<b>Glosario</b>	<b>21</b>
<b>Glosario</b>	<b>21</b>



# Índice de figuras





# Índice de tablas



# Capítulo 1

## Introducción

*“La revolución industrial y sus consecuencias han sido un  
desastre para la raza humana”*  
— Theodore Kaczynski

En los últimos años se ha visto un gran interés y evolución de las tecnologías de realidad virtual a mano de empresas como Apple con su lanzamiento de las Apple Glasses o Meta con el lanzamiento de las Meta Quest 3 o su interés por el metaverso con su aplicación de Meta Horizon Worlds.

Es por ello que es interesante investigar la comunicación no verbal en entornos virtuales, ya no solo para aplicaciones con varios usuarios si no también para poder mejorar interacciones con Non Playable Characters (NPCs) en este tipo de entornos.

Nuestra propuesta en este Trabajo de Fin de Grado es una primera aproximación de cómo se puede usar la IA y la tecnología de captura de movimiento para lograr esa mejora en las interacciones en los mundos virtuales mediante la comunicación no verbal, siendo este caso la exploración de la capacidad de clasificar distintos gestos. Los gestos seleccionados han sido seis gestos que se han útiles a la hora de que un NPC pueda reconocerlo en un videojuego. Estos gestos han sido:

1. Bailar
2. Saludar
3. Señalar
4. Sentarse
5. Pelear
6. Correr

Para poder realizar este trabajo se ha requerido usar las gafas de realidad virtual Meta (antes conocidas como Oculus) Quest 2 y 3 y el traje de captura de movimiento Perception Neuron 3, de la empresa Noitom, como hardware y Python C# y Unity como los requisitos de software.

## 1.1. Motivación

Estudio del reconocimiento de gestos mediante IA para posibles implementaciones en el estudio y mejora de la comunicación no verbal en entornos virtuales.

## 1.2. Objetivos

Implementación de un modelo de IA que, con baja latencia, permita identificar el gesto que se esté realizando con un traje de captura de movimiento.

## 1.3. Plan de trabajo

Nuestro plan de trabajo consiste en varios pasos:

1. Búsqueda de un dataset: generar un dataset lo suficientemente grande con varios ejemplos de gestos como para poder entrenar de forma adecuada diferentes modelos.
2. Implementación de modelos de IA: implementación de varios modelos de IA para poder hacer una comparativa entre ellos y decidir cuál es el más adecuado teniendo en cuenta su velocidad de predicción y su precisión.
3. Desarrollo de una aplicación final: desarrollo de una aplicación para las Oculus Quest a forma de demo en la que se conecte al modelo elegido y se pueda ver en tiempo real su uso.

## Estado de la Cuestión

En el estado de la cuestión es donde aparecen gran parte de las referencias bibliográficas del trabajo. Una de las formas más cómodas de gestionar la bibliografía en  $\text{\LaTeX}$  es utilizando **bibtex**. Las entradas bibliográficas deben estar en un fichero con extensión *.bib* (con esta plantilla se proporciona el fichero *biblio.bib*, donde están las entradas referenciadas más abajo). Cada entrada bibliográfica tiene una clave que permite referenciarla desde cualquier parte del texto con los siguiente comandos:

- Referencia bibliografica con cite: Bautista et al. (1998)
- Referencia bibliográfica con citep: (Oetiker et al., 1996)
- Referencia bibliográfica con citet: Krishnan (2003)

Es posible citar más de una fuente, como por ejemplo (Mittelbach et al., 2004; Lamport, 1994; Knuth, 1986)

Después,  $\text{\LaTeX}$ se ocupa de rellenar la sección de bibliografía con las entradas **que hayan sido citadas** (es decir, no con todas las entradas que hay en el *.bib*, sino sólo con aquellas que se hayan citado en alguna parte del texto).

Bibtex es un programa separado de latex, pdflatex o cualquier otra cosa que se use para compilar los *.tex*, de manera que para que se rellene correctamente la sección de bibliografía es necesario compilar primero el trabajo (a veces es necesario compilarlo dos veces), compilar después con bibtex, y volver a compilar otra vez el trabajo (de nuevo, puede ser necesario compilarlo dos veces).



# Capítulo 3

## Descripción del Trabajo

- 3.1. Búsqueda de un dataset
- 3.2. Dataset Artificial
- 3.3. Dataset real
- 3.4. Modelos de IA
- 3.5. Aplicación final





# Capítulo 4

## Conclusiones y Trabajo Futuro

Conclusiones del trabajo y líneas de trabajo futuro.

Antes de la entrega de actas de cada convocatoria, en el plazo que se indica en el calendario de los trabajos de fin de grado, el estudiante entregará en el Campus Virtual la versión final de la memoria en PDF.



# Introduction

*“La revolución industrial y sus consecuencias han sido un  
desastre para la raza humana”*  
— Theodore Kaczynski

In recent years, there has been a great interest and evolution of virtual reality technologies led by companies such as Apple with the launch of Apple Glasses or Meta with the launch of Meta Quest 3 or its interest in the metaverse with its application “Meta Horizon Worlds”.

It is for this reason that it is interesting to investigate non-verbal communication in virtual environments, not only for applications with multiple users but also to improve interactions with NPCs in these types of environments.

The proposal in this Bachelor’s Thesis is a first approach to how we can use Artificial Intelligence and motion capture technology to achieve this improvement in interactions in virtual worlds through non-verbal communication, being our case the exploration of the ability to classify different gestures. The gestures we have focused on are six gestures that we have considered useful for an NPC to recognize in a video game. These gestures are:

1. Dance
2. Greet
3. Point
4. Sit down
5. Fight
6. Run

To carry out this work, we have used the Meta (formerly Oculus) Quest 2 and 3 virtual reality glasses and the Perception Neuron 3 motion capture suit, from the company Noitom, as hardware and Python, C# and Unity as the software requirements.

## 4.1. Motivation

Research on gesture recognition using Artificial Intelligence (AI) for possible implementations in the study and improvement of non-verbal communication in virtual environments.

## 4.2. Objectives

Implementation of an AI model that, with low latency, allows identifying the gesture being performed with a motion capture suit.

## 4.3. Work Plan

The Work Plan consists of several steps:

1. Search for a dataset: generate a dataset large enough with several examples of gestures to adequately train different models.
2. Implementation of AI models: implementation of several AI models to make a comparison between them and decide which one is the most suitable considering its prediction speed and accuracy.
3. Development of a final application: development of an application for the Meta Quest as a demo that connects to the chosen model and allows real-time usage.

# Conclusions and Future Work

Conclusions and future lines of work. This chapter contains the translation of Chapter 4.



# Contribuciones Personales

En caso de trabajos no unipersonales, cada participante indicará en la memoria su contribución al proyecto con una extensión de al menos dos páginas por cada uno de los participantes.

En caso de trabajo unipersonal, elimina esta página en el fichero `TFGTeXiS.tex` (comenta o borra la línea `\include{Capitulos/ContribucionesPersonales}`).

## Estudiante 1

Al menos dos páginas con las contribuciones del estudiante 1.

## Estudiante 2

Al menos dos páginas con las contribuciones del estudiante 2. En caso de que haya más estudiantes, copia y pega una de estas secciones.





# Bibliografía

*Y así, del mucho leer y del poco dormir, se  
le secó el cerebro de manera que vino a  
perder el juicio.*  
*(modificar en Cascaras\bibliografia.tex)*

Miguel de Cervantes Saavedra

BAUTISTA, T., OETIKER, T., PARTL, H., HYNA, I. y SCHLEGL, E. *Una Descripción de  $\text{\LaTeX}$  2 $\epsilon$* . Versión electrónica, 1998.

KNUTH, D. E. *The  $\text{\TeX}$  book*. Addison-Wesley Professional., 1986.

KRISHNAN, E., editor.  *$\text{\LaTeX}$  Tutorials. A primer*. Indian  $\text{\TeX}$  Users Group, 2003.

LAMPORT, L.  *$\text{\LaTeX}$ : A Document Preparation System, 2nd Edition*. Addison-Wesley Professional, 1994.

MITTELBACH, F., GOOSSENS, M., BRAAMS, J., CARLISLE, D. y ROWLEY, C. *The  $\text{\LaTeX}$  Companion*. Addison-Wesley Professional, segunda edición, 2004.

OETIKER, T., PARTL, H., HYNA, I. y SCHLEGL, E. *The Not So Short Introduction to  $\text{\LaTeX}$  2 $\epsilon$* . Versión electrónica, 1996.



# Apéndice **A**

## Título del Apéndice A

Los apéndices son secciones al final del documento en las que se agrega texto con el objetivo de ampliar los contenidos del documento principal.



Apéndice	<b>B</b>
----------	----------

## Título del Apéndice B

Se pueden añadir los apéndices que se consideren oportunos.



# Glosario

AI	Artificial Intelligence
IA	Inteligencia Artificial
metaverse	The metaverse is a set of digital spaces to socialize, learn, play and do other activities. (Definition by the company Meta)
metaverso	El metaverso es un conjunto de espacios digitales para socializar, aprender, jugar y realizar otras actividades. (Definición de la empresa Meta)
NPC	Non Playable Character