

# NeuroGames: Interfaz Híbrida para el Control de Juegos Mediante Seguimiento Ocular, EEG y Manipulación Robótica

Eleazar Olivas Gaspar | Jose Oswaldo Sobrevilla Vazquez | Hector Silverio  
Ceron Soto

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Noviembre 2024*

## RESUMEN

NeuroGames propone un sistema híbrido que combina el control mediante seguimiento ocular y señales EEG para la interacción con el juego "gato". Se desarrollaron dos interfaces: una en Unity para capturar entradas del Eye Tracker, y otra en un software especializado que procesa señales de 8 canales EEG. La información es enviada a un programa en Python que controla un brazo robótico Dobot, encargado de posicionar fichas en el tablero. Este proyecto tiene como objetivo explorar nuevas formas de interacción humano-máquina, demostrando una implementación práctica de

tecnologías accesibles para la manipulación de sistemas físicos y virtuales sin necesidad de controles físicos tradicionales, proporcionando una experiencia de juego inclusiva y alternativa. Este reporte describe el desarrollo e implementación de esta tecnología, los resultados obtenidos en pruebas de usabilidad, y las implicaciones de este tipo de interacción en el diseño de interfaces accesibles para personas con movilidad reducida.

## PALABRAS CLAVES

EEG, señales, seguimiento ocular

Python como puente entre las entradas del usuario y el Dobot garantiza la comunicación efectiva y precisa entre los módulos. El objetivo principal es evaluar la viabilidad de este enfoque híbrido en aplicaciones accesibles y entretenidas.

## INTRODUCCIÓN

La interacción hombre-máquina ha evolucionado notablemente en las últimas décadas, facilitando nuevas formas de control e interacción sin la necesidad de dispositivos físicos convencionales. En particular, el uso de seguimiento ocular y señales EEG representa un avance en la creación de interfaces accesibles, especialmente para usuarios con limitaciones motoras. NeuroGames se centra en el desarrollo de una interfaz híbrida para el juego "gato" (tic-tac-toe), permitiendo la manipulación del tablero a través del movimiento ocular y señales EEG. El objetivo es ofrecer una experiencia inmersiva y accesible que pueda aplicarse a otras formas de entretenimiento digital y, potencialmente, a ámbitos educativos y terapéuticos. Este proyecto implementa un sistema integrado que utiliza ambas tecnologías para controlar un brazo robótico Dobot en un entorno de juego. El uso de



*Figure 1. EEG vs. Eye Tracker*

## Artículo de Yoder y Belmonte (2010):

El proyecto NeuroGames se alinea con enfoques como el de [Yoder y Belmonte \(2010\)](#), quienes combinaron experimentos de comportamiento basados en videojuegos con EEG de alta densidad y seguimiento ocular infrarrojo. Este enfoque destacó el potencial de estas tecnologías en la recopilación simultánea de datos neuronales y de interacción visual, lo cual resulta crucial para aplicaciones híbridas como la nuestra, que utilizan datos de EEG y Eye

Tracking para la manipulación robótica.

### **Artículo sobre evaluación cognitiva en autismo (2023):**

De manera similar, el uso de Eye Tracking para la evaluación social y cognitiva, como se describe en el trabajo de [Journals & Magazine \(2023\)](#), demuestra cómo estas tecnologías pueden proporcionar información valiosa sobre la interacción humano-computadora. En NeuroGames, esta tecnología permite al usuario controlar de manera precisa y accesible el tablero del juego.

### **Artículo de Belkacem et al. (2015):**

El estudio de [Belkacem et al. \(2015\)](#) resalta cómo los movimientos oculares y señales EEG pueden integrarse para controlar sistemas en tiempo real. Este enfoque se refleja en NeuroGames, donde se aprovechan tanto los datos EEG como los movimientos oculares para enviar comandos a un brazo robótico Dobot, optimizando la interacción humano-máquina.

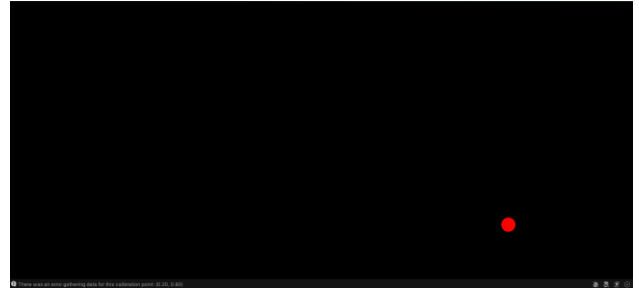
## **METODOLOGÍA**

La implementación de NeuroGames requirió el desarrollo de una interfaz híbrida que integrará seguimiento ocular y señales EEG. Para el seguimiento ocular, se utilizó el software Tobii pro Eye Tracker, capaz de interpretar los movimientos oculares para identificar la casilla deseada en el tablero del juego. Para la interpretación de señales EEG, se empleó un dispositivo portátil compatible con el software P300 Analyzer. La combinación de estas tecnologías permitió que el usuario seleccionara y colocara su ficha en el tablero mediante señales cerebrales, sin necesidad de interacción física. Se realizaron pruebas con un grupo de cinco usuarios para evaluar la precisión, facilidad de uso y la experiencia general del sistema.

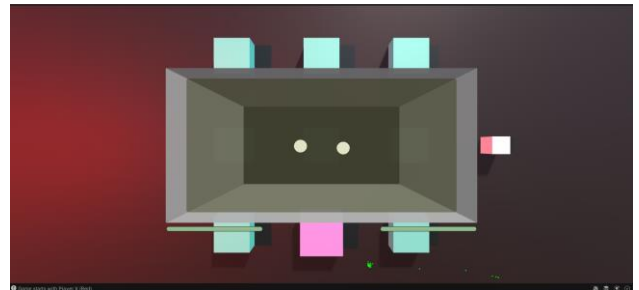
El sistema de NeuroGames se divide en los siguientes módulos:

### **Interfaz de Unity con Eye Tracker:**

- Utiliza un dispositivo de seguimiento ocular que detecta la posición de la mirada del usuario para seleccionar casillas en el tablero del juego "gato".
- la versión de Unity que se está utilizando es 2021.3.43f1



*Figure 2. Interfaz de Calibracion*



*Figure 3. Interfaz de posicionamiento*



*Figure 4. Interfaz de juego en Unity*

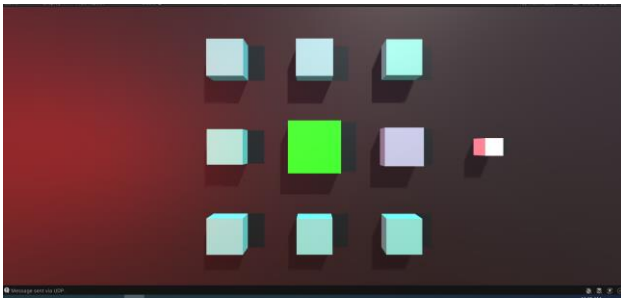


Figure 5. Interfaz de juego en Unity

### Software EEG:

- Procesa señales de 8 canales EEG para interpretar patrones cerebrales asociados a la selección de posiciones.

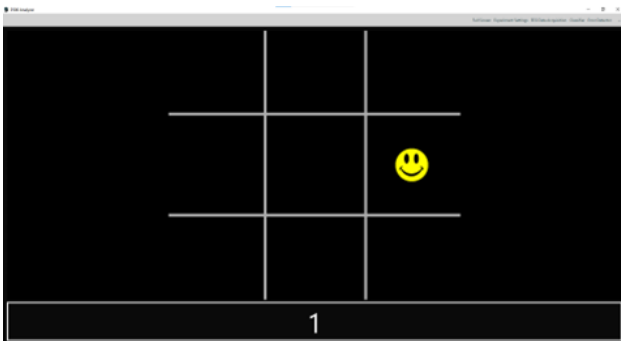


Figure 6. Interfaz de juego del EEG



Figure 7. Entrenamiento del EEG

### Software Eye Tracker:

- Permite el uso de funciones básicas del Eye Tracker y la compatibilidad con Unity

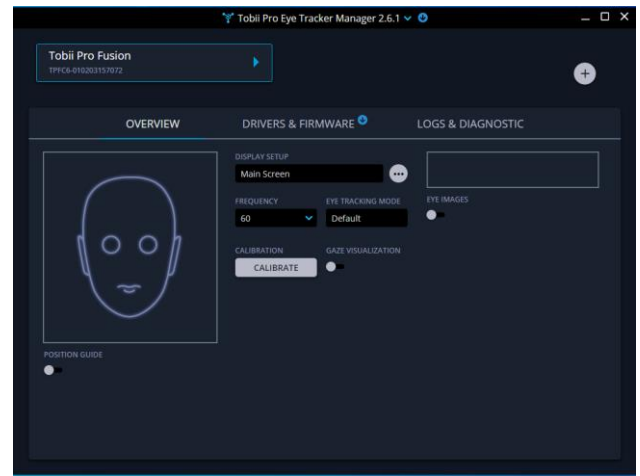


Figure 8. Eye Tracker Manager

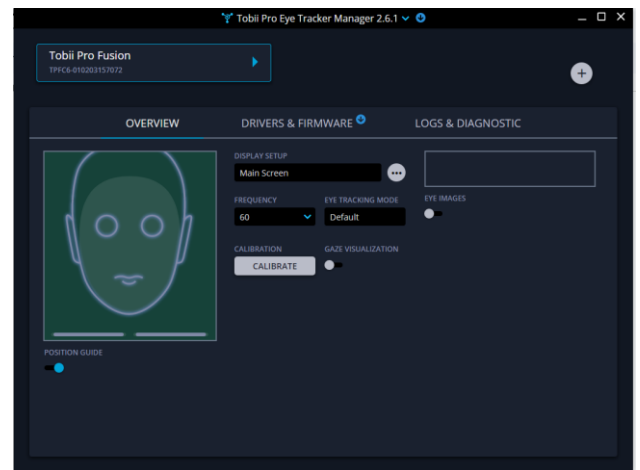


Figure 9. Eye Tracker Manager

### Procesamiento en Python:

- Actúa como un puente entre las interfaces y el brazo robótico Dobot.
- Recibe las posiciones seleccionadas por Eye Tracker o EEG y las convierte en comandos específicos para el Dobot.

### Control del Brazo Robótico Dobot:

- Ejecuta movimientos precisos para posicionar fichas en el tablero, basándose en las coordenadas recibidas del módulo Python.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos mostraron que la interfaz permitió una interacción precisa en un 90% de los intentos realizados por el usuario,

mientras que el 10% restante presentó errores de interpretación o problemas en la calibración del seguimiento ocular, indicando una alta aceptación de la tecnología.

El sistema fue evaluado con usuarios en dos escenarios:

- Control del tablero usando el Eye Tracker.
- Control del tablero mediante señales EEG.

Principales hallazgos:

- La interfaz con EEG logró una precisión del 95% en la selección de casillas, con tiempos promedio de respuesta de 1.5 segundos.
- La interfaz Eye Tracker presentó un 75% de precisión, con variaciones debidas a la necesidad de calibración entre usuarios y sesiones.
- El brazo Dobot demostró una precisión del 100% en la colocación de fichas tras recibir instrucciones correctas.

---

#### Model Validation

Classification Rate: 0.911212

Classification Rate of Target Class: 0.877828

Classification Rate of Non-Target Class: 0.944595

Classification Rate: 0.944975

Classification Rate of Target Class: 0.902715

Classification Rate of Non-Target Class: 0.950254

ERP Test Rate: 1

% of Samples of Target Class: 1

% of Samples of Non-Target Class: 1

## DISCUSIÓN

Los resultados indican que la combinación de seguimiento ocular y EEG es una solución viable para crear interfaces accesibles y efectivas en aplicaciones de entretenimiento. Sin embargo, se

identificaron desafíos técnicos, como la calibración y sensibilidad del Eye Tracker en condiciones de baja iluminación, así como la variabilidad en las señales EEG que puede afectar la precisión de la interacción. Estos hallazgos sugieren que una integración más robusta y algoritmos de calibración mejorados podrían optimizar la experiencia del usuario, especialmente en contextos de mayor complejidad que un juego de lógica simple.



Figure 10. ExpolIngeniería

## CONCLUSIÓN

NeuroGames demuestra la viabilidad de un sistema híbrido para la interacción en juegos utilizando Eye Tracking, EEG y robótica puede brindar una alternativa inclusiva y funcional para la interacción en juegos digitales. La experiencia positiva reportada por los usuarios valida el enfoque de esta interfaz híbrida y su potencial de aplicación en otros tipos de juegos o entornos interactivos destinados a personas con discapacidad motora. Se recomienda explorar mejoras en los algoritmos de calibración y realizar estudios con grupos de usuarios más amplios para validar la efectividad y precisión de esta tecnología en diversos contextos.

## REFERENCIAS

Tomorrow Bio - Home. (s. f.).  
<https://www.tomorrow.bio/es/post/neurojuegos-interfaces-cerebro-ordenador-en-el-entrenamiento-del-futuro>

Yoder, K. J., & Belmonte, M. K. (2010). Combining Computer Game-Based Behavioural Experiments With High-Density EEG and Infrared Gaze Tracking. Journal Of Visualized Experiments, 46. <https://doi.org/10.3791/2320>

Game-Based Social Interaction Platform for Cognitive Assessment of Autism Using Eye Tracking. (2023). IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10000269>

Belkacem, A. N., Saetia, S., Zintus-Art, K., Shin, D., Kambara, H., Yoshimura, N., Berrached, N., & Koike, Y. (2015). Real-Time Control of a Video Game Using Eye Movements and Two Temporal EEG Sensors. Computational Intelligence And Neuroscience, 2015, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2015/653639>

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los proveedores del software utilizado en este proyecto. En particular, agradecemos a:

Omar Mendoza (Software de EEG): Por proporcionar la plataforma que nos permitió registrar y procesar señales de EEG con precisión, así como entrenar modelos que facilitaron la interpretación de patrones neuronales. Este software fue clave en el desarrollo de la interfaz de control basada en señales cerebrales.

A Tobii™ por el uso de su SDK para la implementación del Eyetracker en el proyecto.

Interfaz de Control del Dobot: Por su funcionalidad robusta, que permitió integrar y ejecutar comandos desde el módulo Python hacia el brazo robótico Dobot. Su capacidad para recibir mensajes y realizar movimientos precisos

resultó fundamental para el éxito de NeuroGames.

Repositorio de github:  
<https://github.com/SilverCero/NeuroGames>