

# Control de un dispositivo de asistencia mediante movimientos oculares

Sánchez-Sánchez Marcial Margarito<sup>1</sup>, Cortes-Aguirre Hector Alexis<sup>1</sup>, Domínguez-Pacheco Flavio Arturo<sup>1</sup>, Sánchez-Sánchez Anabel S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ESIME-ZACATENCO Cd Mx

<sup>2</sup> INAOE Cholula Pue.

Email: mmsanchezs@ipn.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9419-9361>; <https://orcid.org/0009-0009-0709-6651>; <https://orcid.org/0000-0003-3561-7257>

**Resumen**— En México la discapacidad más frecuente es la motriz. Entre los dispositivos auxiliares que requiere una persona con esta limitante, está la silla de ruedas. Actualmente, los dispositivos de asistencia para movilidad han incorporado tecnologías avanzadas como “eye tracking”. En este trabajo, se describe el desarrollo de una interfaz para el control de una silla de ruedas mediante los movimientos oculares, con el dispositivo Tobii Eye Tracker 5, basada en la norma ISO 9241-9. La implementación se realiza usando las librerías PyQt5 del lenguaje de programación Python.

**Palabras Clave** — Dispositivo de asistencia, Tobii Eye Tracker 5, movimientos oculares, librerías PyQt5.

**Abstract**— In Mexico motor difficulties are the most prevalent incapacity. Wheelchairs are the main auxiliary technology for them. Nowadays “eye tracking” technology has been added to wheelchairs. In this paper an interface is developed to manage the wheelchair through ocular eye movements using a Tobi Eye Tracker 5. It is implemented with Python libraries PyQt5.

**Key Words** — Assistive device, Tobii Eye Tracker 5, eye movements, PyQt5 libraries.

## I. INTRODUCCIÓN

De Acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la discapacidad se describe como: Cualquier restricción o impedimento de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano [1].

En México, para el INEGI son personas con discapacidad, aquellas que viven con alguna dificultad para llevar a cabo actividades consideradas básicas, tales como: ver, escuchar, caminar, recordar o concentrarse, realizar su cuidado personal y comunicarse. La discapacidad más frecuente es la motriz [2].

Entre los apoyos que requiere una persona con este tipo de discapacidad, están las ayudas técnicas; que son dispositivos de asistencia tecnológicos y materiales que permitan compensar una o más limitaciones. En este caso un dispositivo auxiliar son las sillas de ruedas [3].

Las sillas de ruedas manuales en el siglo XVII fueron las primeras aplicaciones biomédicas enfocadas en la movilidad. A

mediados del siglo XX comenzaron a desarrollarse dispositivos más accesibles y funcionales. Y, después de la segunda guerra mundial, cuando los veteranos de guerra con discapacidades requirieron soluciones para su movilidad, la tecnología motorizada se integró en las sillas, facilitando su manejo y permitiendo una mayor independencia [3-4].

Los dispositivos de asistencia son herramientas o tecnologías diseñadas para mejorar la funcionalidad, independencia y calidad de vida de personas con discapacidades o limitaciones físicas. Estos dispositivos, pueden incluir desde tecnologías simples, como muletas o audífonos, hasta sistemas más complejos, como prótesis robóticas, sillas de ruedas motorizadas y dispositivos controlados por bioseñales [5].

Actualmente, los dispositivos de asistencia para movilidad han incorporado tecnologías avanzadas como “eye tracking”, que permite a los usuarios controlar sus sillas mediante movimientos oculares.

El seguimiento ocular o “eye tracking” es una tecnología que permite medir los movimientos de los ojos y la dirección de la mirada, ofreciendo información clave sobre la atención visual y el comportamiento de los usuarios. Sus aplicaciones se han expandido significativamente en diversos campos, desde la investigación académica hasta la ingeniería biomédica, y su uso en dispositivos de asistencia ha sido especialmente valioso para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidades motoras [6].

Así, en este trabajo se describe el desarrollo de una interfaz para el control de una silla de ruedas mediante los movimientos oculares.

## II. METODOLOGÍA/DESARROLLO

### A. Materiales y equipos

**Teléfono inteligente con sistema operativo** Android que actúa como el centro de control de la Plataforma.

**Silla de Ruedas “Air Wheel”.** La silla es controlada a través de un dispositivo Android conectado mediante

Bluetooth, lo que permite realizar maniobras básicas como avanzar, retroceder y girar a ambos lados.

**Dispositivo de seguimiento ocular** (Tobii Eye Tracker 5). El Tobii Eye Tracker 5 es un dispositivo avanzado de seguimiento ocular que permite la captura precisa de los movimientos oculares del usuario. Este equipo es utilizado en la interfaz de control para que la persona pueda seleccionar opciones con la mirada, como las direcciones a tomar o los comandos a ejecutar. El Tobii Eye Tracker 5 fue elegido debido a su alta precisión y facilidad de uso, adaptándose a las necesidades de las personas con movilidad reducida.

*Características principales:*

- Frecuencia de muestreo: 60 Hz
- Tiempo de respuesta: < 20 ms
- Conexión: USB 2.0

**Computadora** con sistema operativo Windows. Para procesar los comandos del sistema de seguimiento ocular y controlar la interfaz, se utiliza una computadora con sistema operativo Windows. Esta computadora actúa como una plataforma intermedia que recibe los datos del Tobii Eye Tracker 5 y los transforma en acciones dentro del sistema. El uso de un sistema operativo Windows es esencial debido a la compatibilidad con los drivers y software necesarios para operar el Eye Tracker y la cámara web.

*Características principales:*

- Sistema operativo: Windows 10
- Procesador: Intel Core i5
- RAM: 8 GB
- Almacenamiento: 256 GB SSD

El desarrollo del sistema de control está programado en **Python**, elegido por su capacidad para integrar múltiples tecnologías y por su amplio ecosistema de bibliotecas que permiten el desarrollo eficiente del sistema. **PyQt5**: Biblioteca utilizada para desarrollar la interfaz gráfica de usuario.

Es importante destacar que el dispositivo debe cumplir con la **normativa ISO 9241-9**, que establece los criterios ergonómicos para los sistemas de seguimiento ocular, entre los cuales se incluye:

- Amplitud de una señal de  $50\mu\text{V}$  y  $3.5\text{mV}$ .
- Frecuencia de 0.1Hz a 30Hz.
- Una tasa de muestreo de 60Hz hasta 120Hz.
- Una precisión de  $0.4^\circ$ - $1.0^\circ$ .
- Tiempo de respuesta de 10 ms.

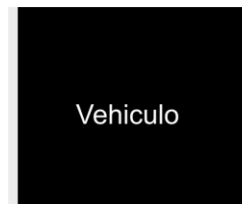
El proceso de instalación del Tobii Eye Tracker 5 debe operar con una luminosidad de 30 lúmen (este nivel de luminosidad está diseñado para minimizar la fatiga ocular y optimizar la calidad del seguimiento en diferentes entornos de trabajo), y su configuración incluyó los siguientes pasos:

1. Configuración del seguimiento ocular del usuario encargado de controlar el vehículo.
2. Ajustes avanzados para optimizar la precisión de la fijación ocular en la pantalla.
3. Verificación del correcto funcionamiento del dispositivo en la aplicación de Tobii.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

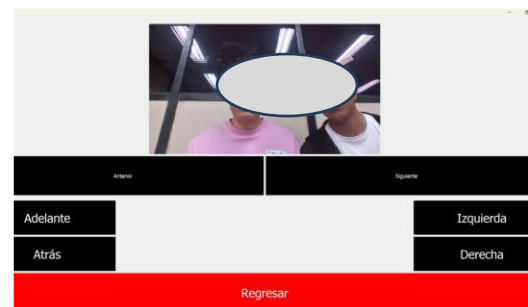
La conexión entre el dispositivo Android y la silla se realizó a través de Bluetooth, utilizando la aplicación propia de Airwheel. El Tobii Eye Tracker 5 fue instalado mediante la Microsoft Store. Esta herramienta permite el seguimiento ocular del usuario, clave para el control del vehículo de movilidad.

La interfaz gráfica del sistema se desarrolló utilizando el framework PyQt5, lo que permitió crear una plataforma interactiva con menús y botones que facilitan la operación del vehículo. La **Figura 1** muestra la pantalla de inicio de la interfaz.



**Figura. 1.** Interfaz del programa

**Vehículo:** Al seleccionar esta opción, se despliega un submenú con botones de control para las direcciones: “Adelante”, “Atrás”, “Izquierda” y “Derecha”. Además, se implementó una visualización de cámara web para que el conductor pueda observar el entorno mientras maneja la silla. La interfaz permite conectar múltiples cámaras y alternar entre ellas mediante botones de “Siguiente” y “Anterior”. Un botón de “Regresar” redirige al menú principal. Así como se muestra en las Figuras 2 y 3.



**Figura. 2.** Widget de cámara con función de cámara frontal activada.

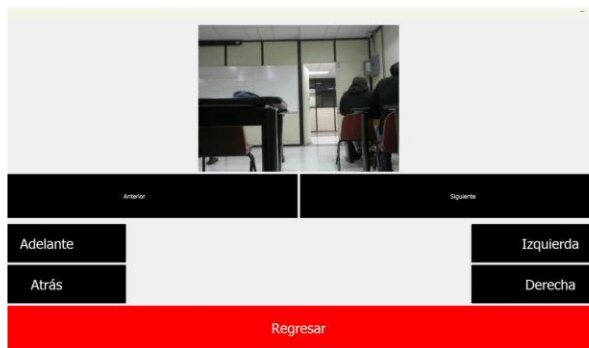
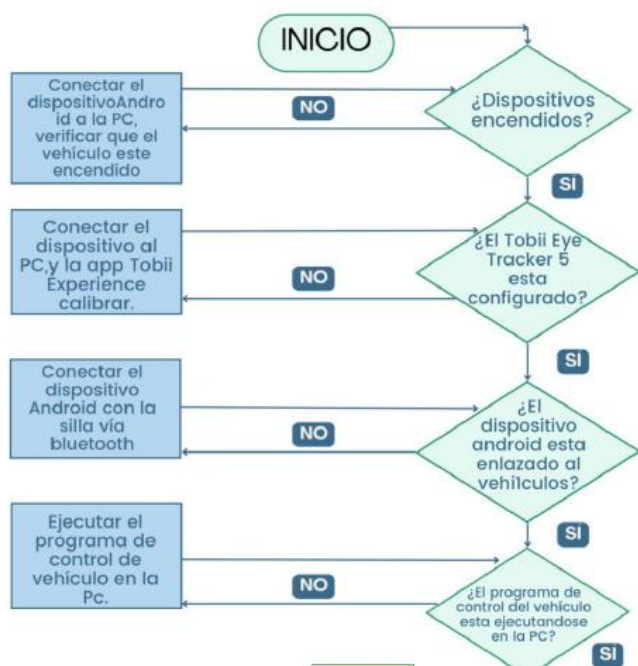


Figura 3.-Widget principal de cámara trasera para visualización del camino a recorrer.

En el Diagrama 1. Se describe el sistema propuesto



Autores han propuesto alternativas para contribuir al control de las sillas de ruedas, entre estos: se diseñó un prototipo de un sensor de hidrogel basado en la transformada de Wavelet y algoritmos de Soporte máquina, a través del análisis con oculogramas [7]. Otros han ideado la sincronización de la silla de ruedas con un sistema de emergencia, que opera con los movimientos oculares [8]. También se ha descrito a un microcontrolador con software y hardware para IoT, este dispositivo puede administrar múltiples sensores como entradas y múltiples actuadores de salida [9]. A diferencia de estos trabajos en los que algunos requieren colocar electrodos sobre la piel o elementos electrónicos, el desarrollo descrito aquí busca implementar interfaces de seguimiento ocular, en sistemas de visualización convencionales tales como: *Tablet*, *iPad* y *Laptop*.

## CONCLUSIONES

La interfaz desarrollada, garantizó que el Tobii Eye Tracker 5 funciona adecuadamente dentro del entorno de pruebas, permitiendo una interacción fluida basada en la dirección de la mirada del usuario.

El seguimiento ocular es útil para la creación de interfaces que contribuyan a disminuir los efectos de la discapacidad motora severa, sobre todo en los casos que no pueden utilizar sus manos o realizar movimientos físicos; permitiendo a los usuarios desarrollar actividades cotidianas, superando las barreras físicas.

## AGRADECIMIENTOS

A. S. S. agradece al INAOE por el acceso a la silla y el merito al premio en donde se implementó por primera vez el proceso descrito en este documento.

## REFERENCIAS

- [1] OMS. Discapacidad. Publicado 7 de marzo 2023, consultado 2 de febrero de 2025. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/disability-and-health>
- [2] INEGI. Estadísticas a propósito del día internacional de las personas con discapacidad Comunicado de prensa núm. 684/24 28 de noviembre de 2024. Consultado 2 de febrero de 2025. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP\\_PCD24.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP_PCD24.pdf)
- [3] Webster, J. G. (2009). *Medical Instrumentation: Application and Design* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- [4] Enderle, J. D., Blanchard, S. M., & Bronzino, J. D. (2005). *Introduction to Biomedical Engineering* (2nd ed.). Academic Press.
- [5] Bronzino, J. D. (Ed.). (2006). *The Biomedical Engineering Handbook* (3rd ed.). CRC Press.
- [6] Duchowski, A. T. (2017). *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice* (3rd ed.). Springer.
- [7] Wang, X.; Xiao, Y.; Deng, F.; Chen, Y.; Zhang, H. Eye-Movement-Controlled Wheelchair Based on Flexible Hydrogel Biosensor and WT-SVM. *Biosensors* **2021**, *11*, 198. <https://doi.org/10.3390/bios11060198>
- [8] M. Wyawahare, S. Daga, C. Agrawal, P. Dalve and C. Bhandari, "Eye Tracking-Based Wheelchair Control and SOS System," *2024 1st International Conference on Innovative Sustainable Technologies for Energy, Mechatronics, and Smart Systems (ISTEMS)*, Dehradun, India, 2024, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISTEMS60181.2024.10560196.
- [9] C. Gómez-Carrasquilla, K. Quirós-Espinoza and A. Carrasquilla-Batista, "Wheelchair control through eye blinking and IoT platform," *2020 IEEE 11th Latin American Symposium on Circuits & Systems (LASCAS)*, San Jose, Costa Rica, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/LASCAS45839.2020.9068989.