



## DISPOSITIVO ELECTRONICO DETECTOR DEL MOVIMIENTO OCULAR PARA EL MANEJO DE UN MOUSE DE COMPUTADORA EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ.

Realizado por:

Ing. Jaikel Ampies / Correo  
Ing. José Pérez / Correo [perezsj02@gmail.com](mailto:perezsj02@gmail.com)  
Ing. Hui Tao Wu / Correo

Tutor Académico:

Dra. Massiell Marcano / Correo [mvmarcano@urbe.edu.ve](mailto:mvmarcano@urbe.edu.ve)

Tutor Metodológico:

MSc. Jorge Torrealba / Correo

En la actualidad muchas personas con discapacidad motriz no tienen la posibilidad de utilizar herramientas digitales, esto debido a la falta de opciones en el mercado que satisfagan dichas necesidades, como podrían ser dispositivos electrónicos con funcionalidad a base de gestos.



Por su parte, el internet es un instrumento indispensable en el día a día, puesto que, su acceso permite laborar, investigar, realizar compras, entretenerse, estudiar y comunicarse. Por consiguiente, es notable que el internet no es un lujo sino una necesidad básica de los seres humanos y, por ello, todas las personas sin importar su status o condición física deberían poder tener acceso a ella como parte de sus derechos básicos.

En relación a la problemática expuesta, las personas con discapacidad motriz pueden experimentar estrés, baja autoestima, entre otras emociones negativas, por el hecho de sentirse poco útil y una carga para su familia, por no poder generar ingresos, por discapacidad física para realizar trabajos que conlleven una mano de obra y, también, cargos de teletrabajo; de igual forma, tampoco pueden acceder por sí mismos a las facilidades de realizar cursos académicos en modalidad online, todo ello por no poder acceder a un computador.

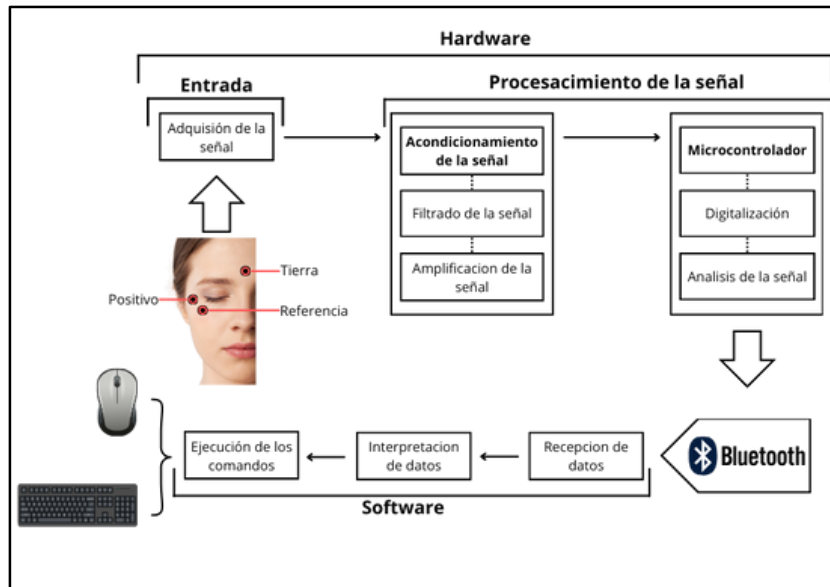
Por esta razón, las personas pueden verse afectadas gravemente de forma psicológica, llegando a puntos de desarrollar trastornos psicológicos como la depresión, y por último, llegar a pensamientos suicidas.

Dentro de este orden de ideas, se plantea elaborar un dispositivo electrónico detector del movimiento ocular para el manejo de un mouse de computadora en personas con discapacidad motriz. Mediante el desarrollo de un equipo que permita adquirir las señales eléctricas provocadas por la diferencia de potencial que existe en el “dipolo” entre la retina y la córnea, para luego, mediante microcontroladores poder interpretar el movimiento de los ojos y con ello enviar los comandos pertinentes a la computadora sobre lo que tiene que hacer la interfaz de usuario.

## RESULTADOS

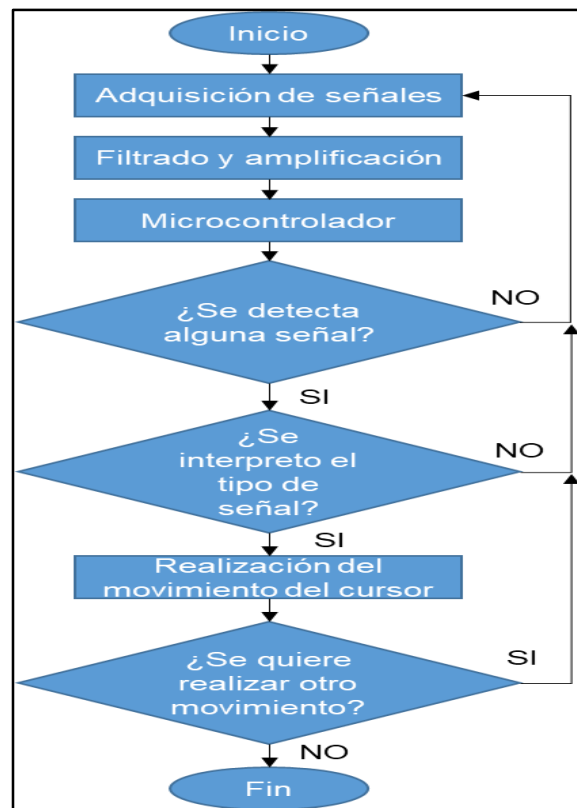
En este sentido se establece a través de un estudio basado en revisión de manuales operativos y documentación de dispositivos existentes la funcionalidad e interacción que tendrán todos los componentes entre sí para el desarrollo del dispositivo.

De esta manera, para poder conceptualizar mejor la idea del dispositivo electrónico detector del movimiento ocular y definir cada uno de sus componentes, se divide la construcción en tres etapas mostradas en la figura 10, en la cual, la primera etapa corresponde a la adquisición de la señal, la segunda refiere el procesamiento de la señal y la tercera cubre el software.



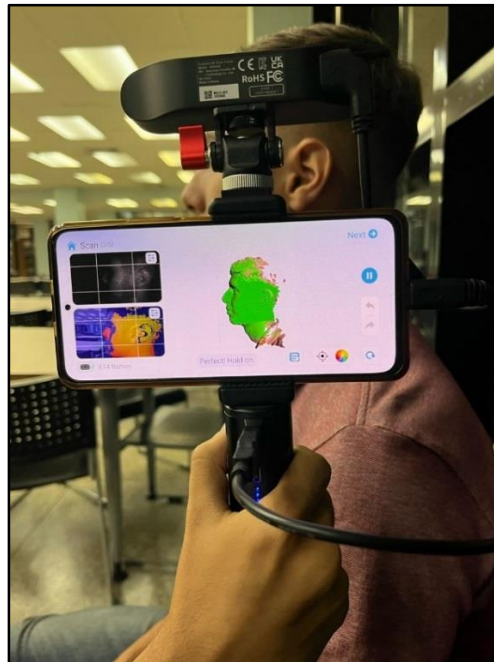
**Figura 1. Diagrama de Bloques.**  
**Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024)**

Se realizó un ordinograma general, donde se tiene una visualización genérica de todas las etapas que engloban del proceso objeto como punto de inicio para el desarrollo del dispositivo electrónico.

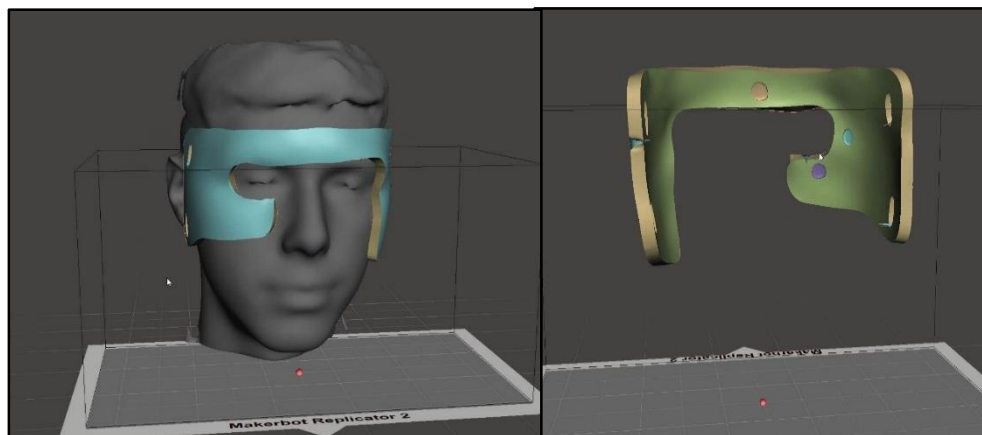


**Figura 2. Ordinograma general.**  
**Fuente: Ampies, Perez y Wu. (2024).**

Luego de realizar un estudio detallado de los requerimientos del sistema, se seleccionaron los componentes necesarios para la materialización de los circuitos electrónicos que permitirán el funcionamiento del dispositivo. Se debe obtener las señales oculares, para ello se hará uso de electrodos colocados sobre una máscara hecha a la medida, logrando la máxima sujeción posible, evitando así errores de lectura. Se escanean las facciones faciales de la persona de prueba (ver figura 3), para luego diseñar la máscara en base a dichas facciones (ver figura 4 y 5).

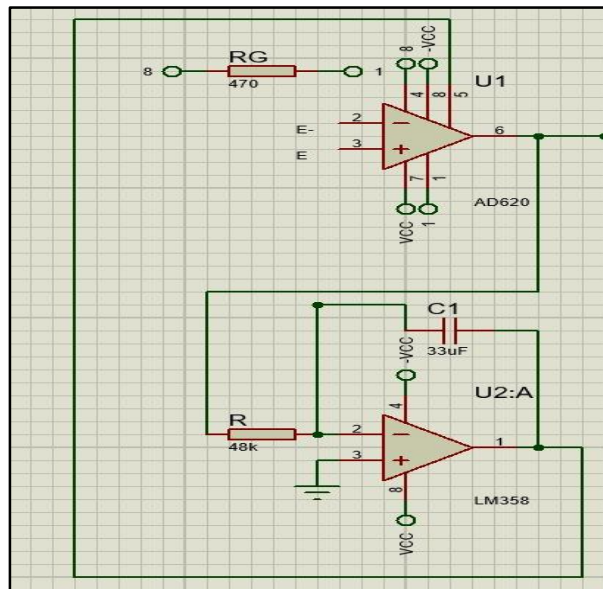


**Figura 3. Escaneo facial.**  
Fuente: Ampies, Pérez, Wu (2024)



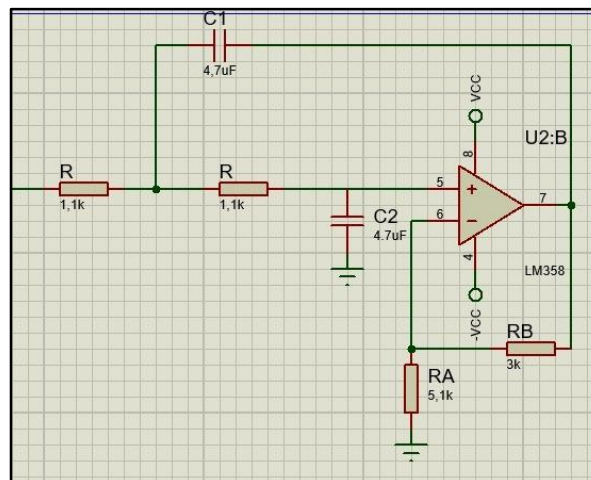
**Figura 4. Diseño digital frontal y posterior de la máscara.**  
Fuente: Ampies, Pérez, Wu (2024).

Una vez obtenida la señal, la primera etapa a implementar en el dispositivo se encargará de adquirir la señal de los electrodos (ver figura 5) y consiste en un pre-amplificador de señales, el cual permite amplificar todas las componentes de frecuencia de la señal proveniente de los electrodos a un nivel de voltaje mayor.



**Figura 5. Diagrama circuito pre-amplificador**  
Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024)

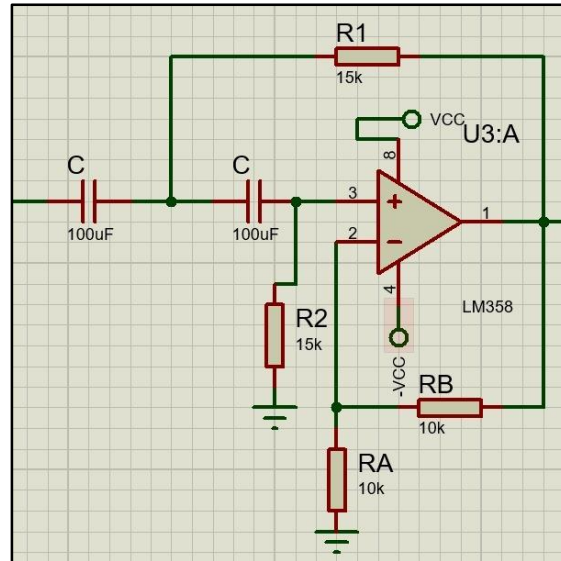
En el circuito mostrado se puede apreciar primeramente un amplificador de instrumentación AD620, conectando a su entrada inversora y no inversora los electrodos negativos y positivos respectivamente. Para la aproximación de Butterworth, quedando como se muestra en la figura 6.



**Figura 6. Circuito de filtro pasa bajas activo de segundo orden Sallen Key**  
Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024)

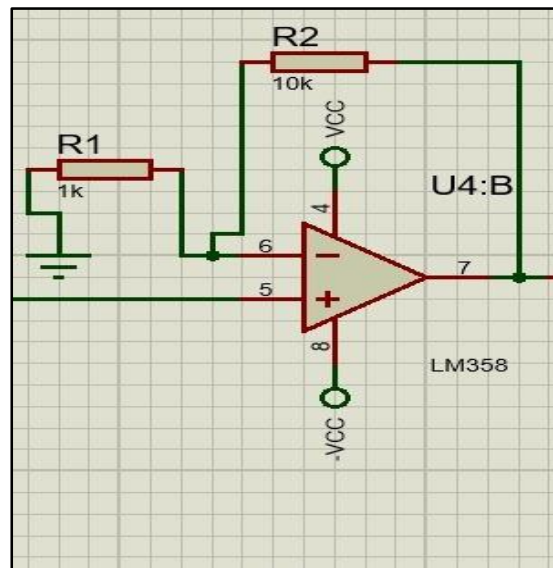


Con los resultados anteriores, los condensadores “C” serán de 100uF escogidos de forma arbitraria, el valor de “R<sub>A</sub>” se tomó arbitrariamente de 5.1kΩ y conllevó a un resultado de “R<sub>B</sub>” de 3 kΩ. Se destaca que la constante “k” toma un valor de “1” para la aproximación de Butterworth. Queda diseñado como se muestra en la figura 7.



**Figura 7. Circuito de filtro pasa altas activo de segundo orden Sallen Key**  
 Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024)

En continuación, una vez realizado el filtrado de la señal, la misma se amplifica nuevamente para llevarla a un nivel de voltaje superior, el cual es necesario para que esta pueda ser interpretada por un microcontrolador mediante un pin de conversión analógico-digital.

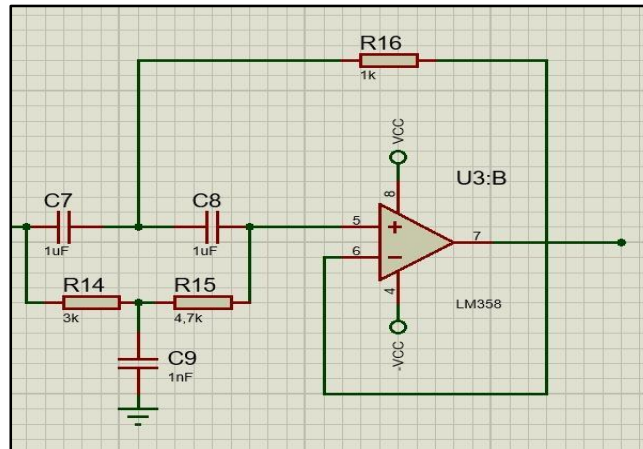


**Figura 8. Diagrama amplificador no inversor**  
 Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024)



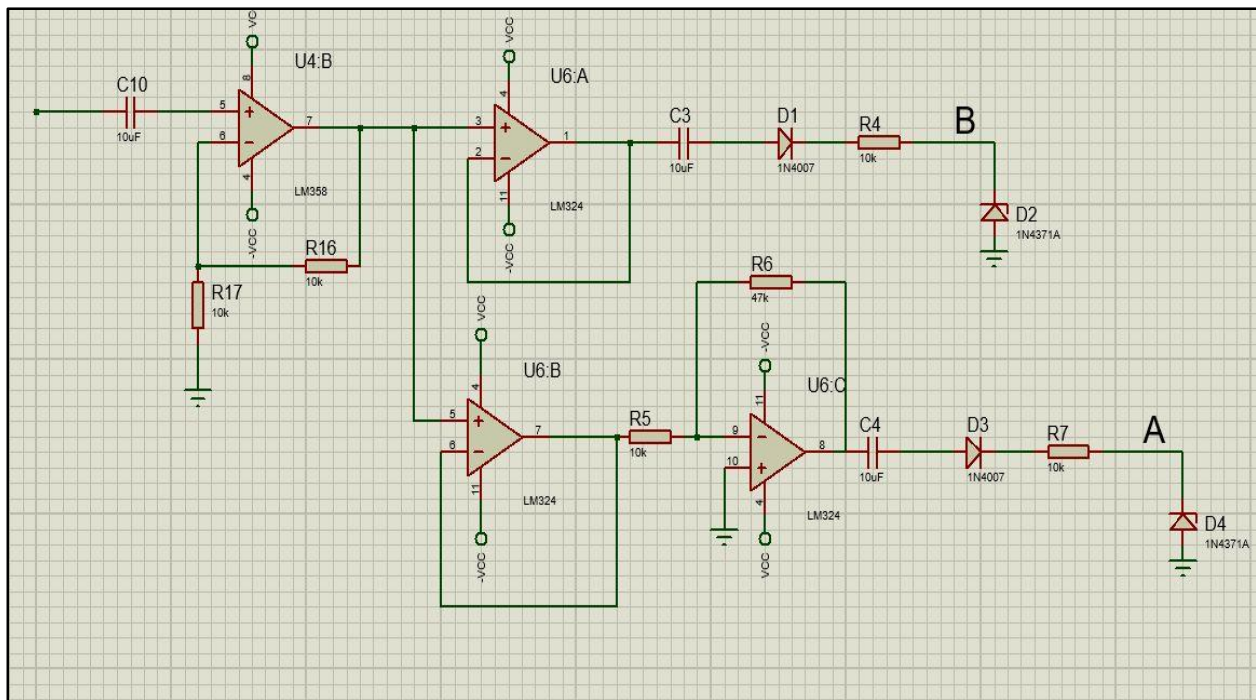


Con los resultados anteriores, los condensadores “C” serán de 1uF escogidos de forma arbitraria, el valor de “R<sub>1</sub>” será de 3 kΩ, “R<sub>2</sub>” de 4,7kΩ y “R<sub>3</sub>” de 1kΩ. Queda diseñado de la siguiente manera.



**Figura 9. Circuito filtro rechaza banda activa de segundo orden RC Twin T**  
**Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024)**

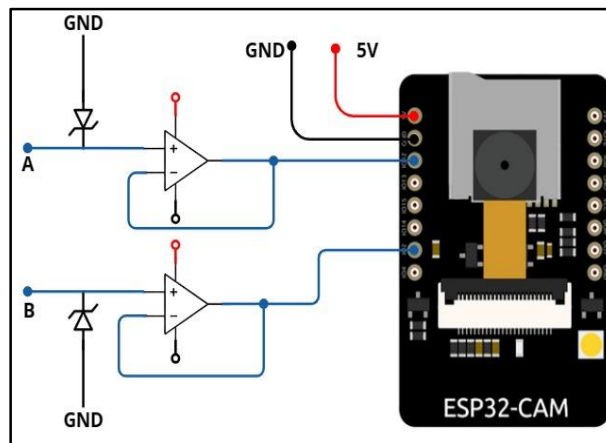
Este circuito consiste primeramente en recibir la señal proveniente de los electrodos y separarla en dos canales distintos, esto se logra mediante la utilización de dos amplificadores operacionales en configuración de seguidor de línea.



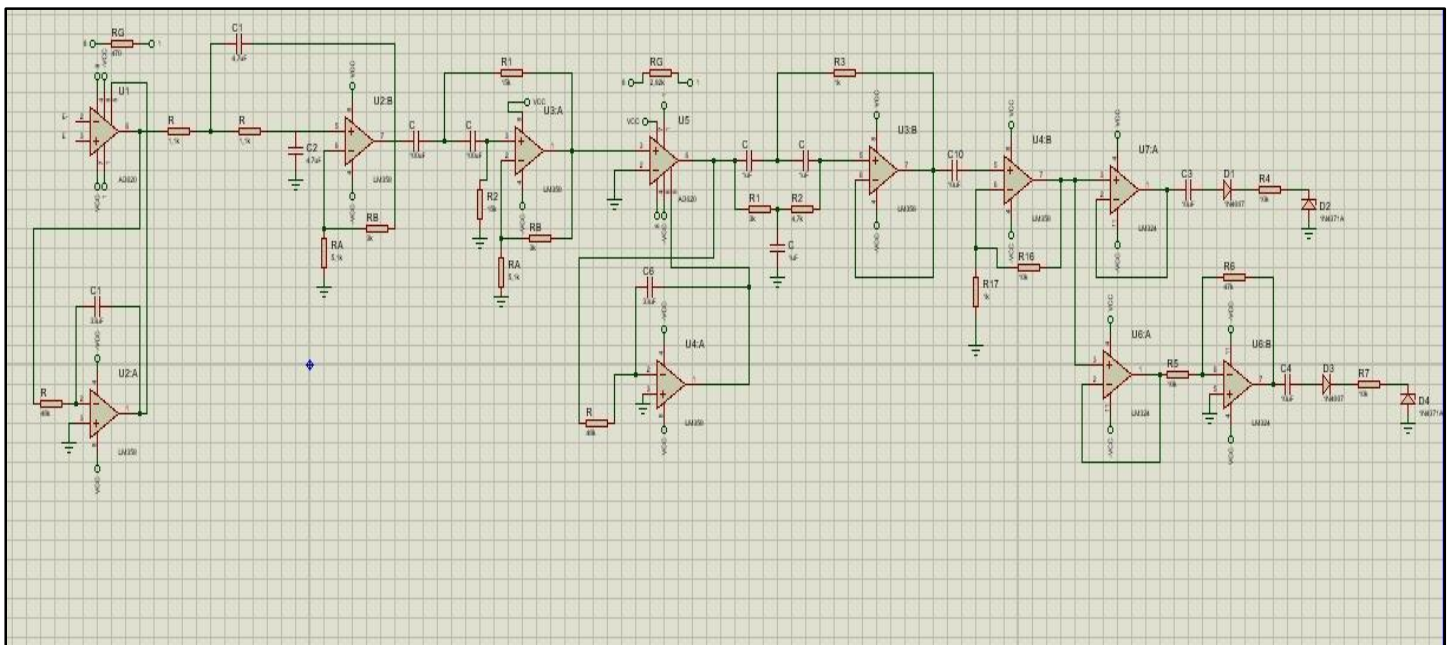
**Figura 10. Circuito de diodos**  
**Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024)**

Se destaca que, uno de los canales del circuito cuenta con un amplificador inversor, porque la señal proveniente de los electrodos presenta voltajes positivos y negativos, estos últimos no aceptados por el microcontrolador.

Una vez obtenidas las señales de salida de ambos canales, estas se conectarán a los pines GPIO12 y GPIO2 del Esp32Cam por medio de seguidores de línea para eliminar efectos de carga (ver figura 11). Estos pines son de uso general y pueden ser configurados como pines analógicos, permitiendo la entrada de la señal en el microcontrolador, para que este luego pueda enviar información a la computadora en base a la señal que leyó del circuito de control (ver figura 12).



**Figura 11. Diagrama de conexiones ESP32-CAM.**  
Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024).

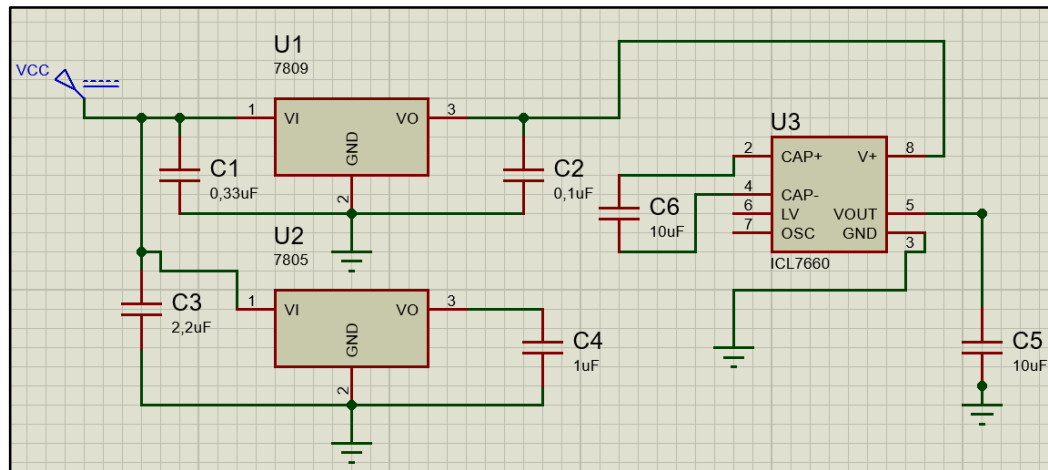


**Figura 12. Circuito de control.**  
Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024).





Por último, para energizar todos los amplificadores operacionales presentes en la creación del dispositivo, se construyó una etapa de potencia para poder realizar la correcta alimentación (ver figura 13). Esta función es imprescindible ya que sin ella no se pudieran energizar adecuadamente los amplificadores operacionales, ocasionando que estos no funcionen correctamente.



**Figura 13. Etapa de potencia.**  
**Fuente: Ampies, Pérez y Wu (2024)**

Luego, se realizan pruebas al prototipo, tanto en laboratorio como en el usuario final, con el fin de evaluar su funcionamiento, rendimiento y precisión. Se comparan los resultados de las pruebas con los objetivos y los requisitos. Se documentan los resultados de las pruebas y se elaboran las conclusiones y las recomendaciones del trabajo especial de grado.

## CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general de la presente investigación sobre desarrollar un dispositivo electrónico detector del movimiento ocular para el manejo de un mouse de computadora en personas con discapacidad motriz, se demostró que es posible el desarrollo del prototipo gracias a los objetivos planteados, la cual permitió para validar el diseño, la funcionalidad y la aplicabilidad del dispositivo.

Se determinaron los requerimientos técnicos necesario para el diseño, así como todos los equipos y herramientas que serán parte para el desarrollo del dispositivo electrónico detector del movimiento ocular para el manejo de un mouse cumpliendo con las necesidades del usuario final.

Se llevó a cabo una investigación exhaustiva con respecto a lo que conlleva el software y el hardware para integrarlos finalmente, garantizando la interacción entre ambas partes de la investigación, confirmando que la gran totalidad del sistema interactúa de manera satisfactoriamente, de manera correcta y eficiente.



El producto final un prototipo completo y funcional con todas las características mencionadas en el presente trabajo de la investigación. Se comprobó que el dispositivo es una herramienta muy útil para las personas con discapacidad motriz, ya que con ella pueden acceder a internet sin ningún problema. Además, las pruebas han permitido ajustar la sensibilidad y la velocidad del cursor del mouse para adaptarse a las necesidades de cada usuario.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, J. (1986). **Electrónica Digital Moderna Teoría y Práctica**. 7<sup>ma</sup> Edición. España: Editorial Paraninfo.
- Forouzan, B. (2020). **Transmisión de datos y redes de comunicaciones**. 5<sup>ta</sup>. Edición. España: Editorial McGraw-Hill Interamericana de España.
- Huidobro, J. (2014). **Telecomunicaciones: Tecnologías, Redes y Servicios**. 2<sup>da</sup>. Edición. España: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones.
- Mayné, J. (2013). **Sensores Acondicionadores y Procesadores de señal**. 1<sup>ra</sup> Edición. España: Silica
- Torres, D. (2018). **Redes Cisco: Curso práctico de formación para la certificación CCNA**. 1<sup>ra</sup>. Edición. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.
- Viñas, L, ed. (2009). **Circuitos y dispositivos electrónicos**. España: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.