



PROTESIS ROBOTICA DE ANTEBRAZO CONTROLADA POR SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS

Realizado por:

Ing. Brayan Cervantes / Correo: brayanelias00@gmail.com
Ing. Douglas Fernández/ Correo: douglas07122002@gmail.com
Ing. Omar Peley/ Correo: jesuspdi0907@gmail.com

Tutor Académico:
Dr. Francisco Parra/ Correo: frparra2312@gmail.com

Tutor Metodológico:
Dra. Massiell Marcano/ Correo: mvmarcano@urbe.edu.ve

Las prótesis robóticas son una luz de esperanza para las personas con discapacidad física, ya que les ayuda a realizar actividades diarias y cotidianas que no podían realizar al perder la extremidad. Por lo que en el mercado y principalmente en pacientes que requieren de dichas prótesis se han visto muy favorables con respecto a estos.



La creación de prótesis controladas por señales EEG ha sido un área de investigación en constante evolución en la ingeniería. Este tipo de prótesis utiliza la actividad eléctrica del cerebro, medida a través de electroencefalografía (EEG), para controlar dispositivos externos, como brazos o piernas protésicas. La capacidad de traducir las señales cerebrales en comandos para el movimiento de prótesis ha despertado un gran interés debido a su potencial para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidades motoras.

Las prótesis robóticas de la actualidad suelen ser bastante costosas y muy poco funcionales para el usuario ya que muchas veces son estáticas o de muy pocos movimientos, en lugar de ayudar solo incomodan al paciente y no es lo que se busca, es por esto que hemos llegado a preguntarnos, que ¿Por qué no construir un dispositivo o una prótesis robótica de antebrazo que sea controladas por el cerebro del usuario a través de señales EEG?

Por lo que, con la finalidad de aportar una forma sencilla, útil y precisa de contribución tecnológica, surgió la necesidad de desarrollar una prótesis robótica de antebrazo, que será controlada por señales cerebrales para poder manipular la extremidad de manera fácil y funcional.

Esta investigación se desarrolla en cuatro (4) capítulos. En el capítulo I, se especifica el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y la delimitación. En el capítulo II se establecen los antecedentes y las bases teóricas que definen las variables de la investigación. Luego en el capítulo III se plantea el tipo de investigación, su diseño, técnicas de recolección de los datos y se establece cual será la metodología utilizada.

Finalmente, en el capítulo IV se hace referencia al análisis y discusión de los resultados, luego se encuentran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presentan de manera estructurada y en cuidadosa correspondencia los resultados del estudio en relación con las fases descritas en los objetivos específicos, como también se describen las actividades realizadas y los recursos utilizados de acuerdo a cada objetivo de la investigación.

En primer lugar, este proceso está controlado por un sensor EEG, que se encarga de capturar las señales de las ondas cerebrales a través de sus electrodos situados en la zona de la frente y en el lóbulo de la oreja izquierda de la persona. Cuando se detectan estas señales, este sensor envía al Arduino, a través del módulo Bluetooth, los niveles de concentración y parpadeo del



paciente. Las señales anteriormente mencionadas, serán procesadas por el microcontrolador y luego serán transmitidas a los servomotores MG995, que son los encargados de mover las articulaciones por medio de los hilos tensores (ligamentos).

El accionamiento de la mano a través de los servomotores será controlado por el elemento Arduino Nano que es una placa de microcontrolador compatible con placas de pruebas de código abierto basada en el microcontrolador (MCU) Microchip ATmega328P. Una vez culminada la definición de las especificaciones para saber los requerimientos técnicos que se usan en la prótesis robótica, se procede a realizar el esquema general del hardware. En esta etapa de la investigación, se identifican las partes que gobiernan el sistema del prototipo; estas están representadas por bloques lógicamente conectados entre sí, lo que permite comprender de manera más específica el sistema a implementar.

Como se puede observar en la figura 1, el primer bloque presente es el de alimentación DC, que tendrá como función principal proporcionar la energía estable y constante a los componentes utilizados. Está compuesto por 3 fuentes de alimentación individuales para alimentar 3 elementos del circuito. Para el sensor Mindwave se utiliza una batería AAA de 1,5v; para el Arduino y los servomotores una fuente elevadora alimentada con baterías de litio 18650 de 3,7v conectadas en paralelo que le proporcionará el voltaje y corriente requerido a cada servomotor.

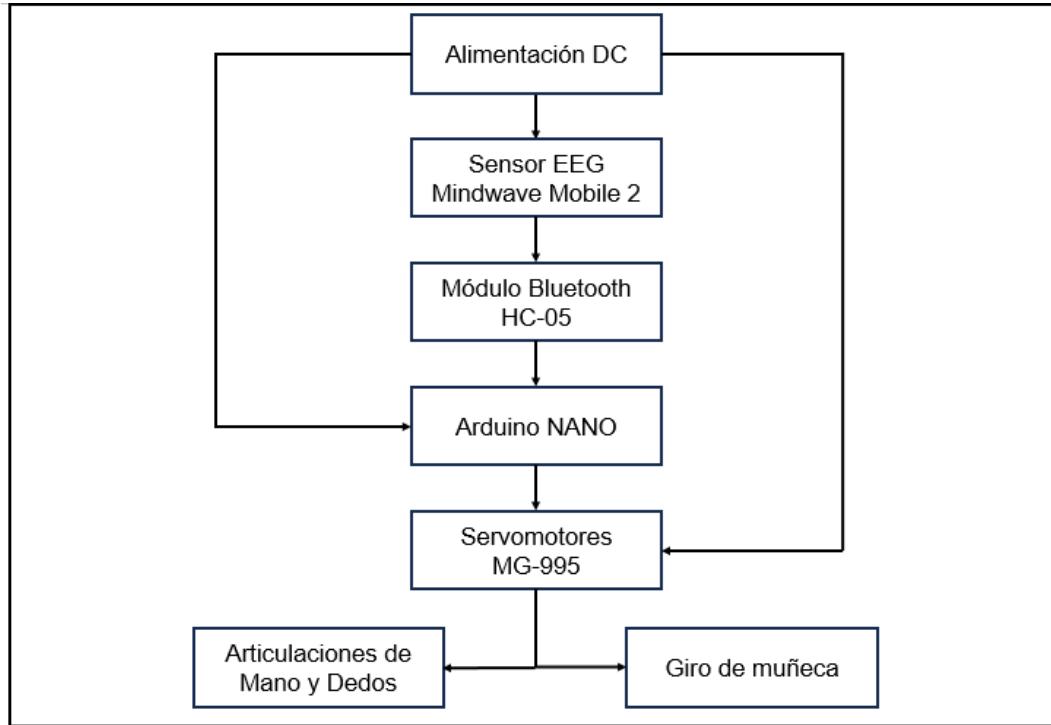


Figura 1. Diagrama de Bloques del Hardware
Fuente: Cervantes, Fernández y Peley (2024)



El siguiente bloque llamado sensor EEG Neurosky Mindwave Mobile 2, será el encargado de capturar las ondas electroencefalográficas (Alpha, Beta, Gamma, Theta) a través del mencionado sensor, para ser enviadas al controlador a través del módulo Bluetooth. Lo cual lleva al siguiente bloque Modulo Bluetooth, que es el encargado de realizar y mantener la comunicación entre el sensor EEG y el Arduino para así poder controlar el sistema a través de las señales obtenidas.

La tarjeta Arduino Nano, representa el siguiente bloque del diagrama, es una parte fundamental para la obtención de la información de las variables del sistema, que analiza la información suministrada por el sensor EEG para, a través realizar el control de giro de los servomotores.

Los servomotores son los dispositivos que, controlados por el microcontrolador, realizarán los movimientos de la prótesis conectador mediante hilos y engranajes a las articulaciones de mano y dedos y el giro de la muñeca los cuales son los últimos bloques del sistema. Estas articulaciones están diseñadas para unirse y así poder formar la prótesis, se fabricaron con impresión 3D con dos materiales uno de ellos ácido poliláctico más conocido como PLA, y PETG.

Así para diseñar la parte lógica y física de la prótesis robótica de antebrazo controlada por señales EEG”, se realizaron de diagramas de flujo para la lógica y física del prototipo.

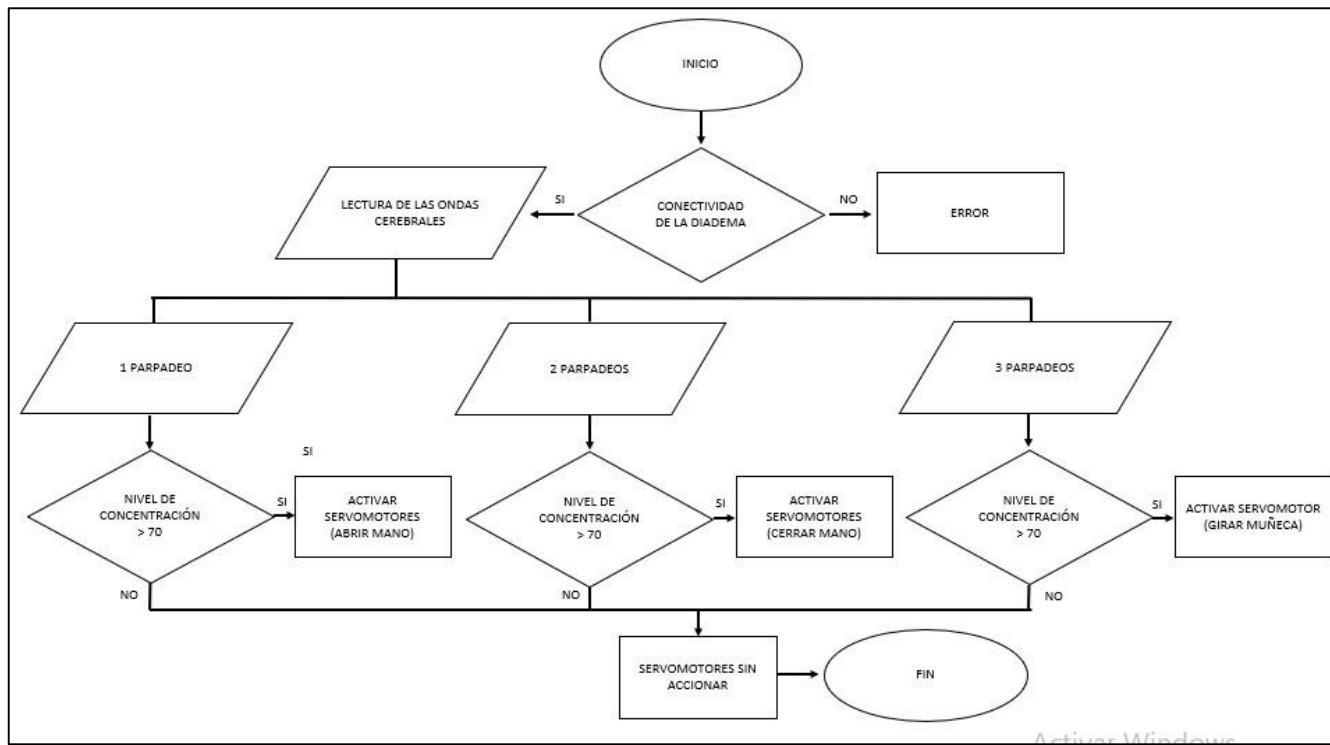


Figura 2. Ordinograma General del sistema
Fuente: Cervantes, Fernández y Peley (2024)



Para el funcionamiento de la prótesis se determinaron 3 modos, abrir la mano, cerrar la mano y giro de muñeca; estos modos son activados por el parpadeo, estos se activan siempre y cuando el nivel de concentración del individuo sea mayor a 70, el Arduino nano activará los servomotores, que son los encargados de halar los hilos que cerrarán los dedos de la mano y le permitirán al paciente sostener un objeto.

En esta fase se realizó la finalización del diseño del prototipo a desarrollar a través de las distintas fases y etapas de esta investigación para cumplir el objetivo “Construir el prototipo de la prótesis robótica de antebrazo controlada por señales electroencefalográficas (EEG)”.

Se realizó una simulación del proceso que ejecuta el prototipo desarrollado como se puede observar en la figura 3 en donde se esquematizó el diseño a plantear. Se puede apreciar en ella la integración del sensor EEG, los actuadores robóticos, el módulo bluetooth y el software de control, con el objetivo de crear un sistema completo y funcional.

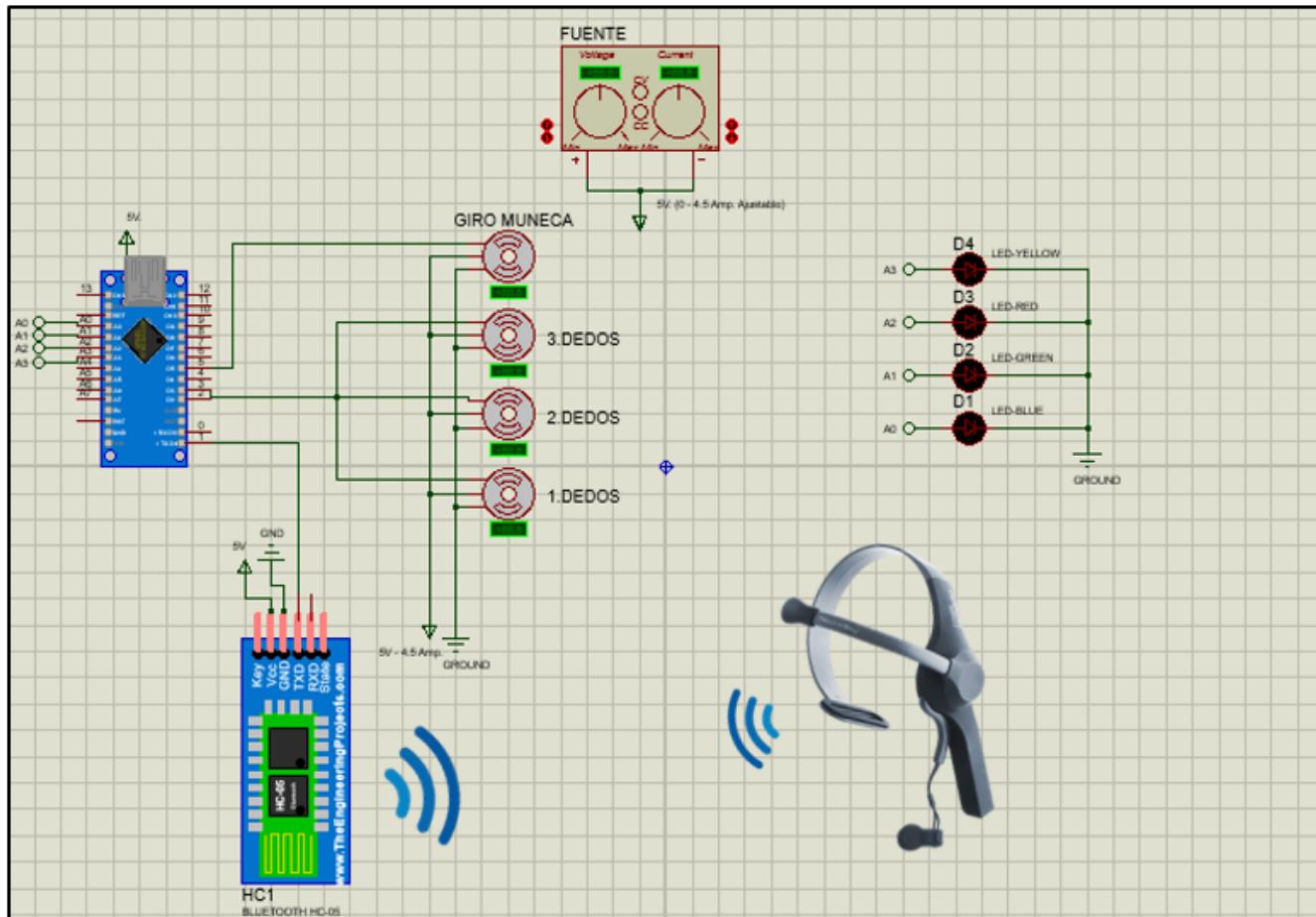


Figura 3: Simulación del prototipo.
Fuente: Cervantes, Fernández y Peley. (2024)



Se integró el microcontrolador Arduino nano con la programación requerida para luego incluir el sensor EEG (MindWave), seguidamente se procede a la colocar el módulo bluetooth que actúa como intermediario entre el arduino y el sensor, manteniendo su comunicación entre sí, luego se implementan los actuadores robóticos (servomotores) que son los componentes encargados de generar el movimiento en la prótesis.

Se realizan pruebas para asegurar que los actuadores respondan de manera adecuada a las señales cerebrales, permitiendo un control fluido y natural de la prótesis. El arduino está conectado mediante su puerto USB, a una fuente de alimentación de 5V, así como también el módulo bluetooth y los servomotores.

Se eligieron como actuadores para el control de la prótesis los servomotores Mg995, ya que cuenta con el mecanismo adecuado para controlar los movimientos de la prótesis. Buscando un equilibrio entre potencia, velocidad y precisión.

La estructura debe ser ligera, resistente y compatible con el cuerpo del usuario. Se seleccionó un material plástico del tipo termoplástico, por ser de bajo costo, además de ser estable y biodegradable. Se procede a unir las piezas en 3D del antebrazo, incluyendo sus dedos, mano y muñeca mediante tendones que están representados con hilo de pescar. Se utilizan conectores y cables apropiados para conectar el módulo bluetooth, el procesador, los actuadores y la fuente de alimentación. Se procede a soldar con estaño todas las conexiones de cables.



Figura 3. Prótesis robótica.

Fuente: Cervantes, Fernández y Peley (2024)



Se realiza un montaje preciso de los servomotores para garantizar la correcta conexión y funcionamiento de todos los elementos de la mano y muñeca, se ubica estratégicamente el Arduino nano, el módulo bluetooth y la fuente de alimentación dentro de la prótesis para ocupar el menor espacio posible.

CONCLUSIONES

Una vez se ha culminado con la obtención de los resultados de la investigación, se analizan los objetivos específicos de la misma junto al desarrollo de la prótesis robótica de antebrazo controlada por señales EEG, en la cual fueron obtenidos las siguientes conclusiones

La mejor alternativa para el control de esta prótesis era la tarjeta microcontroladora Arduino Uno y el sensor EEG Mindwave Mobile, además de servomotores para completar los movimientos de la prótesis.

Se determinaron los elementos clave para la programación de la prótesis, los cuales son la captación de las señales de concentración y parpadeo para lograr desarrollar un código adecuado y estable para el correcto funcionamiento de la misma.

Se realizó el modelo de la prótesis y fueron fabricadas las piezas mediante impresión 3D, luego se ensamblaron todas las piezas, el microcontrolador, los servomotores y todas las conexiones para así obtener el resultado que es la prótesis bien fabricada y funcional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mazidi, M. A., & Mazidi, J. G. (2008). **The 8051 Microcontroller and Embedded Systems Using Assembly and C.** Pearson Education.
- Feynman, R (1959). **There's Plenty of Room at the Bottom"**
- Niedermeyer (2018). **Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields**
- Brown, J. (2015). **"Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition"**
- Uicker Jr., J. J., Pennock, G. R., & Shigley, J. E. (2003). **Theory of Machines and Mechanisms.**