



Controlador de Mouse Mediante Ondas Cerebrales para Personas Discapacitadas

Mouse Driver By Brain Waves For People With Disabilities

Ing. Eliecer Gallardo / correo: eliecergallardo@gmail.com
Corporación Eléctrica Nacional (Corpoelec)

Ing. Cristian Borjas / correo: cristian_191194@hotmail.com
Petróleos de Venezuela S.A (PDVSA)

Ing. José Medina / fforull@gmail.com
Petroquímica de Venezuela (Pequiven)

Resumen

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un controlador de mouse mediante ondas cerebrales para personas discapacitadas. Sustentando esta investigación con los trabajos presentados por los autores Calderón, D (2016), Bronzino, J. (2016), Gavino, C y Hi-Fong, J. (2015). El tipo de investigación tipificó como de campo, descriptiva con un diseño documental. La población documental estuvo basada en los antecedentes de la investigación. La técnica de obtención de datos de esta investigación fue la aplicación de una entrevista no estructurada. Se implementó una metodología de categoría ecléctica, tomando las fases propuestas por autores tales como Angulo (2007), Savant (2002) y Fitzgerald (2000) adaptando dichas fases a los criterios de la presente investigación. Se conformaron nueve fases: definir el problema, definir los requisitos, crear la documentación, adaptación entre software y hardware, implementación del hardware, depuración del software, integración del hardware y software, construir el prototipo y la última fase finalizar el diseño. Se consiguió un control del mouse mediante ondas cerebrales, tomando dichas ondas para mover el mouse mediante un par de servomotores en una base especial para dicho desplazamiento del mouse por plano un X - Y.

Palabras Clave: ondas, cerebro, mouse, controlador, personas discapacitadas

Abstract

The objective of this research was to develop a brainwave mouse controller for disabled people. Supporting this research with the works presented by the authors: Calderón, D (2016), Bronzino, J. (2016), Gavino, C and Hi-Fong, J. (2015). The type of research typified as field, descriptive with a documentary design. The documentary population was based on the background of the investigation. The data collection technique of this research was the application of an unstructured interview. An eclectic category methodology was implemented, taking the phases proposed by authors such as Angulo (2007), Savant (2002) and Fitzgerald (2000), adapting these phases to the criteria of this research. Nine phases were formed: define the problem, define the requirements, create the documentation, adaptation between software and hardware, hardware implementation, software debugging, hardware and software integration, build the prototype and the last phase finalize the design. Control of the mouse was



achieved by means of brain waves, taking said waves to move the mouse by means of a pair of servomotors on a special base for said displacement of the mouse by an X - Y plane.

Keywords: waves, brain, mouse, controller, disabled people

Introducción

El cerebro humano está formado por una vasta red de neuronas. Cada neurona transmite información a través de actividad electroquímica creando pequeños campos eléctricos. Cuando cientos de miles de neuronas se activan al mismo tiempo. El campo eléctrico resultante es lo suficientemente grande para ser medido desde fuera del cráneo. Esta medida es la llamada electroencefalografía (EEG) y el campo eléctrico se denomina ondas cerebrales. Debido a que diferentes estados mentales generan un patrón diferente de actividad neuronal existen unas ondas cerebrales características para cada uno de ellos. La medida de estas ondas cerebrales nos lleva a inferir en qué estado mental se encuentra una persona. Esta información puede ser procesada para nuestro interés con el fin de vincular un estado mental a una acción concreta.

Es en este concepto en el cual se basa la propuesta del controlador de mouse mediante ondas cerebrales para personas discapacitadas. Se analizan los campos laborales de hoy en día en función de la población profesional con presencia de discapacidad, encontrándose que la mayoría de los puestos ocupados por estos grupos son aquellos donde se involucran labores de oficina. Estos puestos han sido cada vez más abiertos a personas con capacidades físicas limitadas, pero paradójicamente no se ha incursionado lo suficiente en la adaptación y mejora de las estaciones de trabajo para los mismos. Es por ello, este proyecto se pretende dar a conocer un tipo de tecnología emergente y con grandes perspectivas de futuro como son los sistemas EEG.

Aplicando esta tecnología se realizó un prototipo de un controlador de mouse mediante ondas cerebrales, y dar una herramienta de trabajo alternativa a aquellas personas que por motivos de accidentes traumáticos o parálisis muscular son imposibilitados de tener una movilidad independiente, de manera de no depender del control muscular directo y ser capaces de utilizarla, haciendo uso de todas sus capacidades cognitivas. Hoy en día gracias a los avances tecnológicos en hardware computacional y ofimática, las empresas han podido incluir personal con ciertas discapacidades físicas sin sacrificar sus niveles de productividad.

Herramientas como las impresoras braille para invidentes o asistentes de voz, programas de captación de voz y la constante implementación de dispositivos de audio y video con modalidad de manos libres han abierto el campo laboral a personas impedidas que, a pesar de sus limitadas capacidades físicas, se han preparado profesionalmente para enfrentar las demandas del mundo empresarial. Aun así, no se ha incursionado en la adaptación de muchas de las herramientas básicas de trabajo. Tal es el caso del mouse (ratón) de computadora que, si bien ha tenido diversas modificaciones desde su invención en cuanto a diseño y ergonomía, no se ha abordado en profundidad el desarrollo de modelos alternativos al usual modelo de mouse laser que cubran ciertas necesidades específicas.

También se han desarrollado diversos prototipos basados en la captación de ondas cerebrales como el trabajo llevado a cabo por Arriola (2016), enfocados en las necesidades antes mencionadas pero orientadas a la suplantación de algún miembro superior faltante, este es el caso del "Sistema de Control de Brazo Robótico mediante Ondas Cerebrales



desarrollado en Software Libre para Asistencia a Personas con Capacidades Especiales”, propuesto por Solis, Cordova y Tapia (2015).

Sin embargo, todos estos prototipos de mouse tienen un enfoque distinto o se basan en la captación del movimiento del usuario para cumplir su función, por ello se plantea el desarrollo de un controlador de mouse mediante ondas cerebrales para personas discapacitadas que sustituya de forma efectiva necesidades específicas presentes en estas personas, a su vez les brinde mayores oportunidades dentro del campo laboral.

Dicha herramienta constará de tres (3) partes básicas; el micro procesador, el receptor y sistema de sensores, basados en la tecnología de encefalogramas que, mediante la captación de las señales eléctricas emitidas por el cerebro, que al ser identificadas y procesadas, permitirán al operador ejecutar comandos de control direccional sin la necesidad de un contacto físico con la herramienta en cuestión, manteniendo o incluso elevando los niveles de productividad, mejorando las condiciones de trabajo requeridas por el personal de la industria.

Por lo antes expuesto, se pretende desarrollar un dispositivo con capacidad para acelerar los procesos ofimáticos que requieren de habilidades multi-tareas, además de las numerosas aplicaciones disponibles para la misma interfaz, siendo capaz de controlar comandos de movimiento o dirección con tan solo algunos ajustes, sin la necesidad de palancas o controles manuales que requieren múltiples plataformas.

Objetivo General

Desarrollar un controlador de mouse mediante ondas cerebrales para personas discapacitadas.

Objetivos Específicos

Determinar las aplicaciones a ser instaladas en el controlador de mouse.

Definir los requerimientos del sistema a ser propuesto.

Crear la documentación del controlador de mouse mediante ondas cerebrales para personas discapacitadas.

Estructurar los mecanismos requeridos para la comunicación entre el software y hardware.

Construir la estructura electrónica del controlador de mouse mediante ondas cerebrales.

Realizar las pruebas de código y diagnóstico de errores para la depuración del software.

Lograr la integración del hardware y el software.

Construir el prototipo del controlador de mouse mediante ondas cerebrales para personas discapacitadas.

Metodología

La investigación estuvo relacionada con la adquisición de nuevas técnicas con el fin de aportar conocimientos para identificar de manera rápida y automatizada las ondas



cerebrales de las personas discapacitadas y controlar el puntero de un mouse. Por ello el tipo de investigación fue de campo, descriptiva con un diseño mixto, documental y de campo, no experimental – transversal (Chávez, 2007). Para esta investigación se consultaron varias referencias bibliográficas para obtener información precisa sobre el diseño de un controlador de mouse con las características del control a través de ondas cerebrales para personas discapacitadas.

Entre estas fuentes destacan, la investigación “Procesamiento de Ondas Cerebrales con Microprocesador ARM para Control de Coche Teledirigido” (Calderón, 2016), el aporte principal de esta investigación fue la interfaz cerebro ordenador y el sistema de control utilizados para captar y proporcionan cada onda cerebral emitida, también la metodología utilizada para diseñar los circuitos en los que se fundamenta el prototipo. Así mismo, “Representación Matemática de Ondas Cerebrales” (Bronzino, 2016), cuyo aporte fue la utilización de métodos para realizar los cálculos pertinentes de la medición de las señales EEG, así como los diferentes métodos utilizados para el desarrollo del mismo.

Además, “Diseño y Construcción de una Interfaz Electrónica que permita recoger los Biopotenciales Eléctricos del Cerebro de un Paciente Mediante Tecnología Inalámbrica para Enviarlos a una PC” (Gavino y Hi-Fong, 2015), el aporte de estos investigadores fueron las técnicas utilizadas para la captación e interpretación de las ondas cerebrales, así como también la interfaz electrónica usada para transmitir dichas ondas y los diferentes métodos usados para el desarrollo del mismo.

Desde el punto de vista práctico, la aplicación de este dispositivo puede lograr un aumento en la productividad de trabajadores y usuarios con estas características especiales, quienes desempeñan trabajos donde se involucra el uso de interfaces hombre-máquina, e incluso abrir una rama entera de cargos laborales cuyos perfiles ocupacionales no permitía la inclusión de personas con dichas condiciones.

Por tanto, desde el punto de vista metodológico se aplicaron diversas técnicas de investigación donde se referenciaran distintos autores e investigaciones anteriores, además se utilizaron técnicas para la medición de frecuencia y amplitud de ondas para su susodicha identificación en concordancia con lo indicado por Hernández, Fernández y Baptista (2014), la aplicación de procedimientos para transmisión y codificación de las señales previamente identificadas.

Con base en anteriores investigaciones, se implementó una metodología de categoría ecléctica, tomando como referente las fases propuestas por diversos autores tales como Angulo (2007), Savant (2002) y Fitzgerald (2000), cabe destacar que dichas fases han sido adaptadas a los criterios de la presente investigación, razón por la cual se establece una metodología conformada por nueve (9) fases.

Resultados de la Investigación

FASE I: Definir el Problema

Propuesta por Savant (2002), busca establecer cuáles son las aplicaciones que el producto debe llevar a cabo, así como las necesidades a suplantar y la importancia del mismo. También busca definir las especificaciones a ser consideradas por parte del investigador. Para establecer las variables principales en las cuales se fundamenta el prototipo, fue necesario

realizar una entrevista no estructurada al Médico Cirujano José Mujica, especialista en neurocirugía y Técnico en Electroencefalografía del Hospital General del Sur de la ciudad de Maracaibo. A continuación los resultados del análisis de la entrevista:

1. Señaló que todas las ondas cerebrales son perceptibles.
2. Existen diversos equipos de electroencefalografía capaces de monitorear las diferentes ondas cerebrales.
3. Estos modernos equipos, normalmente vienen diseñados para realizar una transmisión inalámbrica de datos, muchos de ellos por bluetooth.
4. Así mismo hizo énfasis en este tipo de proyectos factibles, los cuales han permitido desarrollar diversos sistemas de control, haciendo uso de señales bio-eléctricas, para el control de distintos equipos.

También se realizó una entrevista no estructurada a un grupo de personas discapacitadas, donde se concluyó la necesidad de desarrollar proyectos como esta propuesta, para cubrir muchas necesidades que se tienen al momento de entrar en contacto con una computadora, pero cuando no se cuenta con una extremidad se pierde una herramienta de trabajo. Por tanto, esta herramienta les permitirá ser incluidos en distintas áreas laborales, sin embargo, hace falta realizar adaptaciones para participar en cualquier campo laboral. Por ello, se planteó el desarrollo de un controlador de mouse mediante ondas cerebrales para personas discapacitadas para sustituir de forma efectiva las necesidades más específicas presentes en este grupo de personas, a su vez les brinde mayores oportunidades dentro del campo laboral.

El funcionamiento del sistema en cuestión se enfoca en controlar mediante las ondas cerebrales el puntero de un mouse, esto a través de una interfaz hombre-máquina, cuyo principal objetivo es captar e identificar las ondas cerebrales para luego mediante un modelo matemático, caracterizar cada una de ellas y asignarle una función específica de acuerdo a la acción que la persona discapacitada quiera realizar. Esto permitirá al operador ejecutar comandos de control direccional sin la necesidad de un contacto físico con la herramienta en cuestión, manteniendo o incluso elevando los niveles de productividad, por ende mejorar las condiciones de trabajo requeridas por el personal que lo utilice.

FASE II: Definir los Requerimientos:

Tal como señala Fitzgerald (2000), el propósito de esta fase es definir los requerimientos del sistema a ser propuesto, con el fin de formar una imagen global del mismo. Se requiere el análisis de las tecnologías que se adapten al sistema y los requerimientos técnicos a cumplir. De esta forma en esta fase, se definen las especificaciones del sistema con el fin de formar una imagen real global del mismo. Esta novedosa herramienta cuenta con cuatro componentes: 1) Sistema de sensores de electroencefalografía; 2) Microprocesador; 3) Sistema mecánico de movimiento; y 4) La interfaz.

La función principal es controlar un mouse mediante ondas cerebrales, esto con el fin de que personas discapacitadas puedan usar esta herramienta para el desarrollo de sus actividades, principalmente se empleará un sensor de electroencefalografía (EEG) para captar cada una de las ondas emitidas por el cerebro, cuando las ondas sean captadas e

identificadas, se procesaran utilizando un micro-controlador y un sistema informático, capaz de generar un modelo matemático para cada tipo de onda, esto con la finalidad de compararlas y asignar a cada onda una función. Las funciones serán ejecutadas por servomotores a través de un juego de poleas, utilizando correas para realizar los desplazamientos en cada uno de los ejes XY.

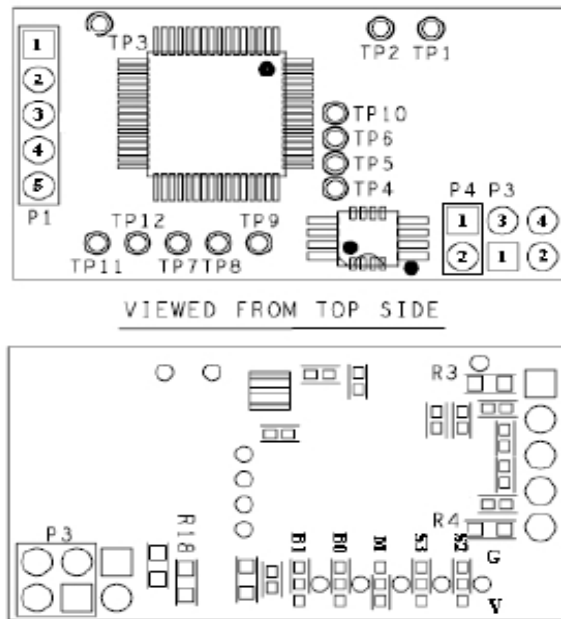
Para brindar comodidad y versatilidad el sistema transmitirá los datos de forma inalámbrica. Para el desarrollo de esta fase, primeramente se realizó la elección del sensor de electroencefalografía que cumpliera con las exigencias de este proyecto, para ello se tomaron en cuenta los resultados de obtenidos a través de las técnicas de recolección de datos. El sensor de electroencefalografía seleccionado fue el MindWave de Neurosky, el cual detecta las señales eléctricas generadas en el cerebro con cada pensamiento, mediante un sensor seco (sin necesidad de utilizar el gel conductor propio de los EEG convencionales) ubicado en la posición conocida como FP1 en las neurociencias.

El Mindwave es una diadema que recoge la actividad eléctrica del cerebro y divide la señal según la frecuencia en diversos tipos de ondas, permite inferir en nuestro estado mental. El registro de dicha actividad se hace con la configuración de referencia común, dado que solo se tiene un único canal y el electrodo está referenciado con el potencial de la oreja. Desafortunadamente el cuerpo produce una gran cantidad ruido eléctrico, además de la actividad que fluye del cerebro.

Por esta razón este contacto de referencia, en forma de un clip fijado al lóbulo de la oreja, nos ayuda a filtrar la señal no cerebral recibida. Es capaz de leer, principalmente, el estado de meditación (medido por las ondas alfa / theta) o atención/concentración (medido por las ondas beta / gamma) que nuestro cerebro emite. La estructura es de color blanco de un material plástico duro. Se adapta cómodamente a la cabeza y se puede regular su tamaño. El sensor de electroencefalografía mindwave de Neurosky cuenta con 3 entradas analógicas, un electrodo para el sensor de electroencefalografía (EEG), un electrodo para la referencia (REF) y tierra (GND). El sensor primario se apoya en la frente y requiere de un cierto ajuste para adaptarlo a la cabeza de cada usuario.

Este sensor emplea para las salidas un controlador UART (Serial), tomando bytes de datos y transmitiendo los bits individuales de forma secuencial. En el destino, un segundo UART re ensambla los bits en bytes completos. Se conecta por radiofrecuencia (bluetooth) a través de un módulo USB, el cual funciona con la mayoría de los sistemas operativos actuales. La vida de la batería es de unas 8/10 horas con una sola pila AAA.

En la anterior figura 1 se muestra el diagrama electrónico del sensor de electroencefalografía. Para este proyecto se eligió este sensor principalmente debido a la cantidad de información que se recibe por un único canal, además debemos recalcar aspectos importantes como: es capaz de leer los cuatro ritmos cerebrales más importantes (beta/alfa/theta/delta), incluye los algoritmos para estados de atención/meditación, dispone de conexión inalámbrica, es muy ligero, cómodo, tiene la capacidad de hacer lecturas de EMG (electromiografía) y la detección del parpadeo.



Header P1 (Electrode)
 Pin1: EEG Electrode "EEG"
 Pin2: EEG Shield
 Pin3: Ground Electrode
 Pin4: Reference Shield
 Pin5: Reference Electrode "REF"

Header P4 (Power)
 Pin1: VCC "+"
 Pin2: GND "-"

Header P3 (UART/Serial)
 Pin1: GND "-"
 Pin2: VCC "+"
 Pin3: RXD "R"
 Pin4: TXD "T"

Figura 1. Diagrama Electrónico del Chip ThinkGear
 Fuente: Neurosky (2020)

FASE III: Crear la Documentación

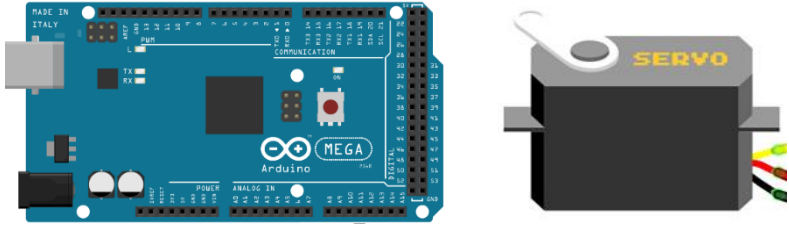
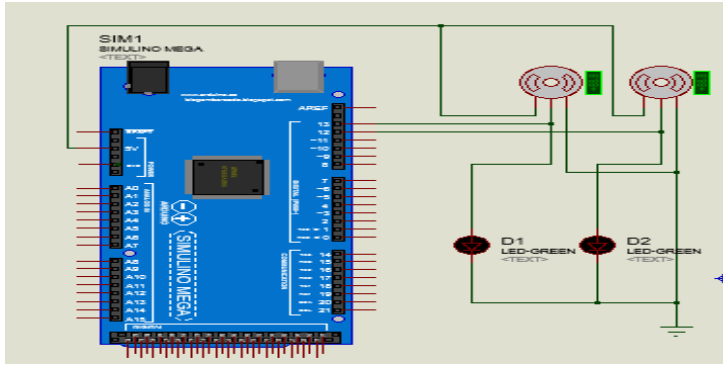
Como lo explica Savant (2002), la ingeniería se basa en la documentación, mediante diagramas y planos, de todos sus sistemas y procesos, con el fin de sea posible reproducirse masivamente en el mercado. Por ende, se presenta el siguiente cuadro de equipos, materiales y diagramas por etapas:

Tabla 1.
Descripción Etapa de Entrada.

Entrada	
Descripción	Sensor de Electroencefalografía
Marca	NeuroSky
Modelo	ThinkGear-AM (TGAM1)

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 2.
Descripción Etapa del Controlador - Actuador.

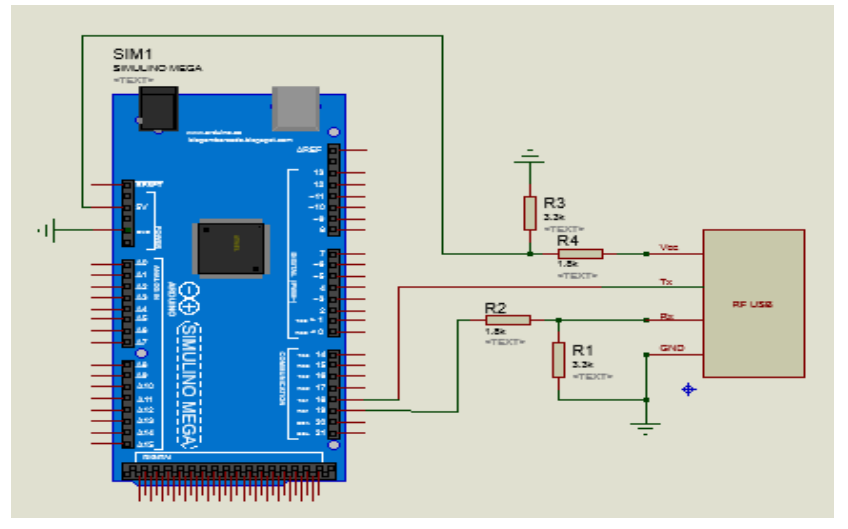
Controlador - Actuador		
Descripción	Microcontrolador Electrónico	MicroServo Motor
Marca	Arduino	Tower Pro
Modelo	Mega 2560 R3	9G (SG90)
Diagrama de Conexión		
		
		

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 3.
Diagrama de Conexión Bluetooth

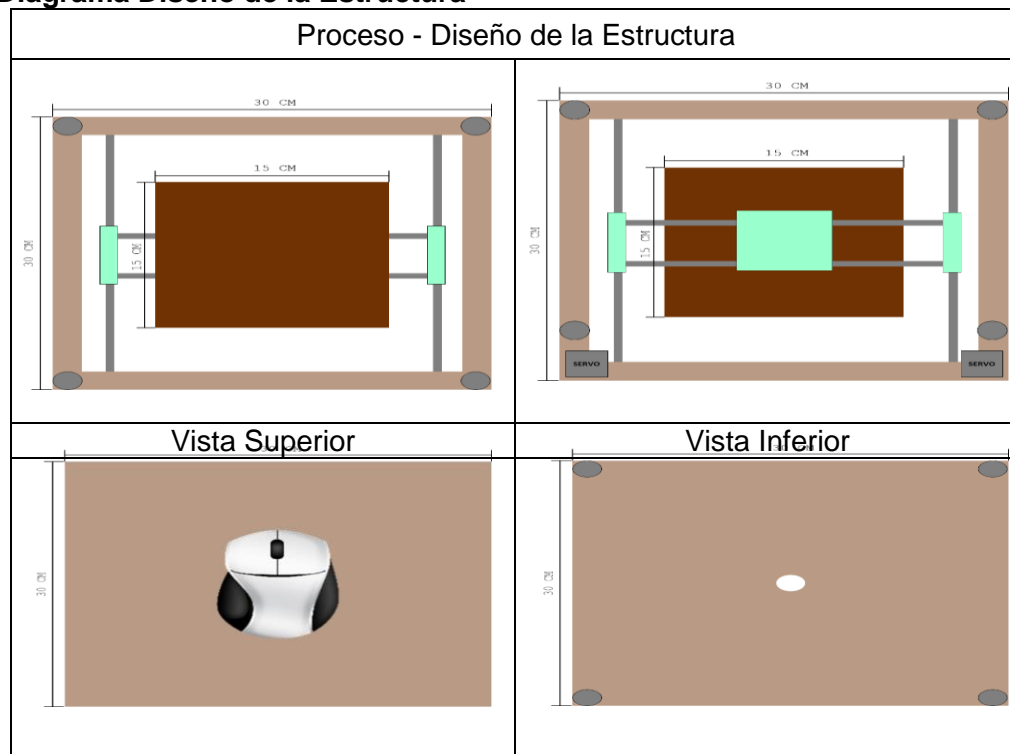
Transmisión De Datos	
Descripción	Modulo Bluetooth
Marca	MindWave
Modelo	MW01
Diagrama de Conexión	

Tabla 3 (cont.).
Diagrama de Conexión Bluetooth



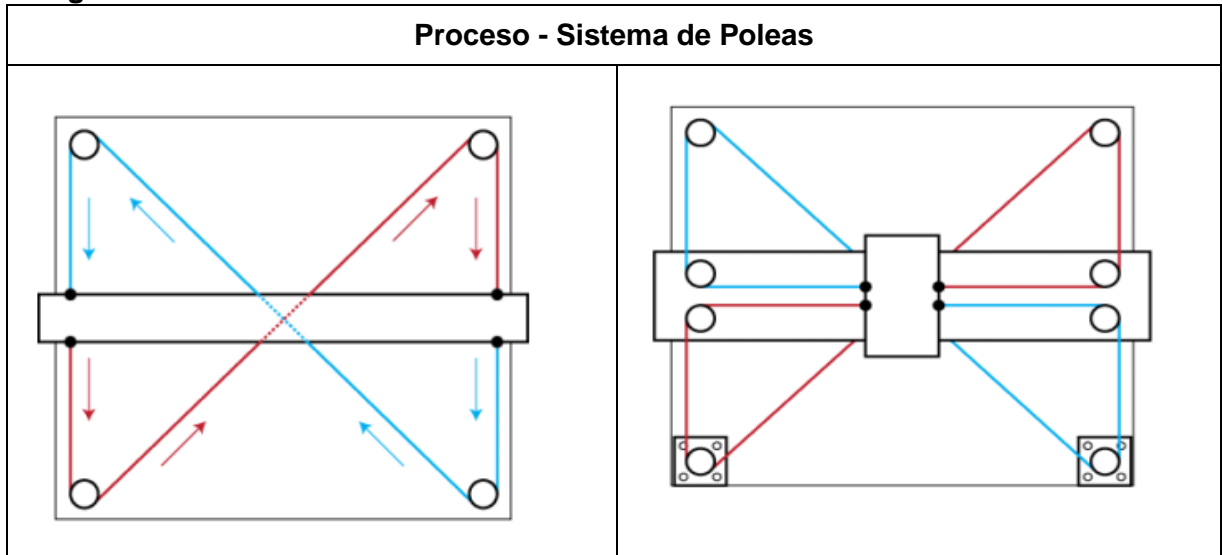
Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 4.
Diagrama Diseño de la Estructura



Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 5.
Diagrama Sistema de Poleas



Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 6.
Descripción Etapa de Salida.

Salida	
Descripción	Mouse Óptico Convencional
Marca	Genius
Modelo	DX-7000

Fuente: Elaboración propia (2020).

FASE IV: Adaptación entre Software y Hardware

En concordancia con lo propuesto por Angulo (2007), una vez definida la estructura del hardware y establecidos los algoritmos requeridos por el software de control, se procede a estructurar los mecanismos necesarios para lograr la comunicación entre las partes. Para la estructura que rige el funcionamiento del sistema, se establecieron cuatro etapas, inicialmente encontramos la entrada es la etapa donde se captan las ondas cerebrales, luego estas ondas pasan al controlador, donde se les asigna un valor en función de la amplitud de la onda, esto con el fin de asignarle una función a cada tipo de onda, seguidamente se le dan las instrucciones al actuador para que ejecute el proceso. Finalmente se realiza una retroalimentación con el controlador para que mantenga en su registro, la última ubicación del puntero.

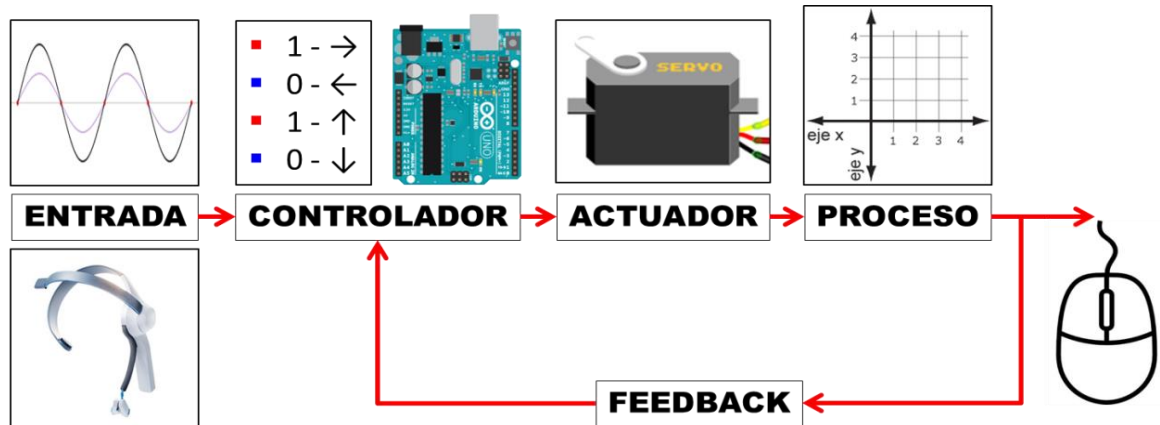


Figura 2. Diagrama General de las Etapas del Sistema.
Fuente: Elaboración propia (2020).

Además, se establecieron mecanismos de comunicación a través de una conexión inalámbrica punto a punto utilizando un sensor integrado de bluetooth, mediante el cual se inicia la interfaz entre la aplicación y el prototipo, garantizando la transmisión y recepción de información correctamente. La transmisión de datos de forma inalámbrica se hará desde el sensor de electroencefalografía, hasta la computadora, a través del módulo bluetooth, esta procesará las señales, luego les asignará una función a través del software, posteriormente este transmitirá los comandos hasta el sistema mecánico de movimiento, donde finalmente se ejecutará la acción.

Así mismo se realizó una entrevista no estructurada al Especialista en Programación Stefano Lagattolla, este señaló: “El lenguaje de programación de Arduino está basado en C++, por tanto el desarrollo de un software controlador es viable bajo este ambiente, el mismo permite modelar cada tipo de onda a través de un modelo matemático y posteriormente asignarle una función a cada tipo de onda captada por el sensor”.

FASE V: Implementación del Hardware

En esta etapa se determinan las bases de la implementación del hardware. La circuitería a desarrollar comienza a llevarse al plano físico, se estudian las especificaciones de los componentes a implementar y se registra el comportamiento de los mismos. Principalmente se diseñó un sistema de desplazamiento en los ejes cartesianos XY, esto a través de un conjunto de poleas unidas por dos bandas, barras de desplazamiento y servomotores.

La barra horizontal es una plataforma que puede moverse arriba y abajo libremente. El patrón cruzado de los cables estabiliza la barra y lo mantiene horizontal. Esto con el fin de brindar movilidad a la base del mouse, para lograr los desplazamientos. Para ejecutar los desplazamientos en cada eje se emplearon dos servomotores unidos cada uno a una polea diferente. Además, se instaló un conjunto de poleas distribuidas en varios puntos estratégicos de la base con el fin de eliminar tanto las fuerzas como los momentos con dos bandas, las cuales realizarán los desplazamientos del carro en cada uno de los ejes.

La estructura mide 30 cm x 30 cm, consta de cuatro niveles, un primer nivel de soporte, un segundo nivel donde están los ejes XY, un tercer nivel donde está la base móvil, esta base mide 15 cm x 15 cm, y un cuarto nivel donde se ubica el mouse. Esta estructura está construida en MDF, tablero de fibra de densidad media, los ejes de desplazamiento son de acero inoxidable y constan de cuatro barras, dos para el eje X y dos para el eje Y, además de dos correas que en conjunto con los servomotores realizan los desplazamientos en los ejes correspondientes. Al girar los dos motores en el mismo sentido, la plataforma central se mueve en eje horizontal (X). Mientras si se giran en sentidos opuestos, el movimiento de la plataforma será en el eje vertical (Y).

Para el movimiento de la plataforma se instalaron dos micro servomotores 9G, modelo SG90 Tower Pro, un servomotor miniatura de alta calidad y dimensiones diminutas, el cual funciona con la mayoría de tarjetas electrónicas de control con micro-controladores. El servo SG90 tiene un conector universal tipo "S" que encaja perfectamente en la mayoría de los receptores de radio. Los cables en el conector están distribuidos de la siguiente forma: Rojo = Alimentación (+), Marrón = Alimentación (-) o tierra, Naranja = Señal PWM.

Para el procesamiento de señales se empleó una tarjeta de desarrollo open-source construida con un micro-controlador modelo Atmega2560 que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales. Esta tarjeta es programada en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. Arduino puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede comunicarse a un PC a través del puerto serial (conversión con USB).

El Arduino Mega tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Incorpora todo lo necesario para el correcto funcionamiento del micro-controlador, solo se conecta a la PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa (9 hasta 12VDC). Esta versión, utiliza un micro-controlador ATmega8U2 en vez del circuito integrado FTDI. Esto permite mayores velocidades de transmisión por su puerto USB.

FASE VI: Depuración del Software

Durante esta fase se realizaron pruebas de código y diagnóstico de errores para su posterior corrección. Durante la fase se solventaron la mayor cantidad de errores posibles en todas las funciones y sub funciones del programa principal. Se detalló y explico el software, como las demás interfaces digitales utilizadas, así como también el lenguaje de programación utilizado por el controlador del mouse mediante ondas cerebrales. La investigación también abarcó el desarrollo de la interfaz cerebro-computadora, para visualizar de manera más clara, en tiempo real el estado cognitivo del usuario.

También es esencial contar con un software para el acceso, disposición y uso de toda la información almacenada. A tal efecto, se presenta una interfaz desarrollada por Blue (2011), quien propuso diseñar un visualizador de ondas cerebrales recibidas por el MindWave. Esto fue posible gracias a la disponibilidad por parte del consumidor del protocolo de transferencia de datos del chip ThinkGear, incorporado en el dispositivo.

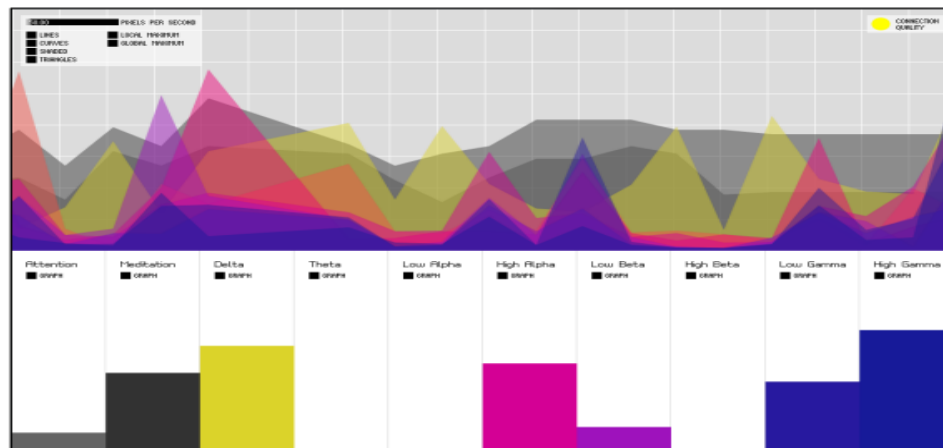


Figura 3. Visualizador gráfico.
Fuente: Blue (2011).

El entorno gráfico permite interactuar de manera visual con el estado cognitivo a través de un diagrama de barras, graficado en tiempo real, donde se observan los valores de las diferentes entradas generadas por el aparato y radio frecuencia. En la parte superior se presenta un gráfico tipo histograma con los valores obtenidos. También aparecen representadas las ondas tipo Gamma, poco comunes, oscilan entre los 40 – 100 Hz, relacionadas con una mayor actividad mental, suelen relacionarse con los llamados insights, destellos de brillantez repentina como la concepción aparición de una idea.

El uso de este programa permite realizar algunas pruebas sencillas del dispositivo diseñado, observándose que si se focaliza la atención, se puede incrementar la barra de Attention, a su vez con práctica se logra mantener una atención alta durante cierto tiempo. El código utilizado para leer los datos del puerto y mostrarlos como parámetros, corresponde a una librería, referida bajo el nombre de "Brain.h", refleja datos en función de las ondas; alfa (baja - alta), beta (baja - alta), gamma (baja - alta), delta y theta. Así como los algoritmos de las ondas destinadas a medir la atención y meditación del usuario.

Algoritmo eSense: El medidor eSense es una manera de mostrar la eficacia como el usuario está involucrado en estados mentales tales como atención (similar a la concentración) o meditación (similar a la relajación), el valor se mide en una escala de 1 a 100. En esta escala, un valor entre 40 a 60 obtenido en un momento dado se considera "Neutral", es similar a las "líneas de base" que se establecen en las técnicas convencionales en la medición de ondas.

Un valor de 60 a 80 se considera "ligeramente elevado", puede interpretarse como los niveles que tienden a ser mayor de lo normal para una determinada persona. Los valores de 8 a 100 se consideran "elevado", significa un fuerte indicador de niveles elevados de un estado cognitivo en concreto. Del mismo modo, en el otro extremo de la escala, un valor entre 20 a 40 indica los niveles "bajos" del medidor eSense, mientras un valor entre 1 y 20 indica "considerablemente bajos" los niveles del eSense. Estos niveles pueden indicar estados de distracción, agitación o anormalidad.

Atención eSense: El medidor eSense para la atención indica la intensidad del nivel de un usuario de "foco" mental o "atención", tal como la generada durante la concentración intensa y dirigida (pero estable) la actividad mental. Su rango de valores va de 0 a 100.



Las distracciones, pensamientos errantes, falta de concentración, o ansiedad pueden disminuir el nivel de atención. Generalmente, la atención se puede controlar a través de un enfoque visual. Centrarse en una idea singular. Una opción puede ser la de elegir un punto de la pantalla para focalizarse e intentar imaginar la acción que se está tratando de lograr. Por ejemplo, mirar el medidor de atención eSense e imaginar que el marcador avance hacia números más altos.

Meditación eSense: El medidor eSense de Meditación indica el nivel de "calma" mental de un usuario o de "relajación". Oscila entre 0 y 100. Se ha de tener en cuenta, la meditación es una medida de los estados mentales de una persona, no a nivel físico, es decir, relajar todos los músculos del cuerpo no conlleva inmediatamente a un mayor nivel de meditación. Está relacionada con una actividad reducida por los procesos mentales activos en el cerebro. Sin embargo para la mayoría de la personas, en circunstancias normales, relajar el cuerpo también ayuda a la mente para relajarse. Se ha comprobado que el efecto de cerrar los ojos apaga las actividades mentales del procesado de imágenes a través de los ojos.

OpenVibe: Es un software especializado en tratamiento de señales cerebrales para el diseño, testeo y uso de sistemas Brain-Computer-Interface, puede ser utilizado para adquirir, filtrar, procesar, clasificar y visualizar señales en tiempo real. Es un programa de código abierto, gratis, diseñado para conectarse con diferentes tipos de sistemas de adquisición de datos encéfalo-gráficos, entre ellos el MindWave.

En general, se dispone de un entorno de programación gráfico que permite de manera sencilla a través de cajas, representar las funciones de procesado, así como las diferentes entradas y salidas de las señales. También dispone de un sistema de adquisición de datos para conectar el dispositivo con el programa. Una vez completado en emparamiento del dispositivo se puede acceder al entorno del OpenVibe, este contiene los diferentes algoritmos de procesado, filtrado, visualización de la señal, los cuales pueden ser arrastrados hacia la interfaz de programación para ser conectados entre sí.

FASE VII: Integración del Hardware y el Software

Luego de culminar la evaluación del software como la esquematización del hardware, se procede con las pruebas pertinentes a la interacción de ambas partes, para lograr así consolidar la mayor funcionalidad y armonía de partes dentro del sistema propuesto, garantizando su eficacia y eficiencia.

Seguidamente durante el desarrollo del proyecto, en la presente fase se pudieron acoplar los códigos de programación C++ con el módulo ThinkGear del sensor de electroencefalografía (EEG) MindWave, el sistema de control, el procesamiento Arduino con el sistema mecánico de movimiento, así como cada uno de los componentes del Hardware para establecer una comunicación entre el usuario y el prototipo para su funcionamiento.

FASE VIII: Construir el Prototipo

A continuación y en concordancia con lo propuesto por Savant (2002), en la fase avanzada del proyecto, el paso a seguir para su correcta exposición es el ensamblaje del

prototipo en cuestión, para así probar la funcionalidad y desenvolvimiento práctico, donde se puede detectar cualquier falla o contingencia que pueda presentar el diseño.

En esta fase del proyecto, se cumple con el quinto objetivo específico de esta investigación referido a construir la estructura electrónica del controlador de mouse mediante ondas cerebrales, es decir, ensamblaje del prototipo en cuestión, iniciando con la depuración del software y puesta en marcha del mismo en la computadora, una vez configurados los parámetros y calibradas las señales, se realizó la conexión entre la computadora y el sensor de electroencefalografía, logrando con eso la representación gráfica de las ondas cerebrales.

Así se pudo definir el comportamiento de cada una de las señales y mediante el software se asignó una función de control a cada señal, luego se realizó la interconexión entre los servomotores y el arduino, en este punto ya se podían controlar los servomotores mediante las ondas cerebrales. Finalmente, se instalaron las correas al sistema de poleas y se conectaron a los servomotores, logrando con esto brindar movilidad a la base del mouse de tal modo que el puntero se desplace por la pantalla de la computadora. Se logró probar su funcionalidad y desenvolvimiento práctico, para detectar cualquier falla o defecto que pueda presentar el diseño.

FASE IX: Finalizar el Diseño

Finalmente, al completarse satisfactoriamente las pruebas del prototipo y no se presenten fallas en sus funciones, se probó en las condiciones en las cuales será utilizado (Savant, 2002). Se realizaron pruebas de rendimiento bajo condiciones ideales y no ideales, apoyándose siempre en las herramientas de prueba necesarias e incluso en las opiniones de los sujetos de prueba.

Esta última fase metodológica está fundamentada en el sexto objetivo referido a comprobar el funcionamiento del controlador de mouse mediante ondas cerebrales, se puede decir que esta fase trata sobre el desarrollo físico y funcional del prototipo, en el cual a través de varias pruebas y simulaciones se logró verificar el funcionamiento óptimo del prototipo final.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados arrojados, se logró diseñar, construir, probar e implementar el dispositivo que interactúa directamente a través de las ondas cerebrales. El estudio permitió determinar que esta tecnología se encuentra en la etapa de desarrollo con una proyección prometedora para el futuro. Se planteó el desarrollo de un controlador de mouse mediante ondas cerebrales para facilitar y mejorar el rendimiento laboral de las personas con discapacidades físicas que requieran usar esta herramienta básica.

Los resultados demostraron, a mayor número de electrodos, mayor será la cantidad de información recogida, igualmente a mayor información se requiere mayor capacidad de procesamiento para contar un sistema robusto. Como parte del estudio, se seleccionó el dispositivo MindWave de bajo costo, disponible en el mercado, el cual consta de solo un electrodo pero con limitada capacidad para obtener información.

Se adaptó el dispositivo de forma que cumpliera con los requerimientos establecidos, mediante arreglos en las conexiones de comunicación entre el controlador y el computador, una plataforma especialmente diseñada para su funcionamiento mediante servo motores y una interfaz gráfica, se logró un prototipo capaz de adaptar cualquier tipo de mouse comercial, dando como resultado un producto final viable, teniendo en cuenta que no sería un dispositivo funcional por tener el movimiento limitado y requiere mayor libertad de movimiento.

A través de la investigación también se comprobó, la necesidad de capacitación requerida por las personas discapacitadas a quienes se les adapte el controlador de mouse mediante ondas cerebrales, puesto que para alcanzar un alto nivel de atención sostenida, el dispositivo causa molestias y disgustos al usuario en el proceso de adaptación.

Se determinó que existen otras formas de mejorar el rendimiento del prototipo. Una primera es utilizar un sensor de tecnología reciente, disponible en el mercado, un dispositivo con mayor cantidad de funciones para una mayor resolución y precisión al momento de medir las ondas cerebrales e incluso mayor capacidad de interconexión entre la computadora y MindWave de manera automática mediante el uso de bluetooth.

Esto mejora la precisión del prototipo, mientras más nítida y completa sea la lectura de las ondas cerebrales, mayor resolución y precisión de las funciones que intervienen en el proceso de captura de información, así como también mejora la velocidad de procesamiento, reduciendo el tiempo para refrescar los datos, es decir un procesamiento más rápido. También permite ampliar el rango de trabajo del EEG, proporcionando nuevos patrones de ondas, nuevas funciones u operaciones para ejecutar

La segunda manera de mejorar la resolución y precisión del dispositivo de control es colocando motores paso a paso en vez de servo-motores, los cuales funcionan mejor con el tipo de movimiento del sistema, dado que como su nombre lo indica estos no realizan un movimiento continuo si no por partes.

Referencias Bibliográficas

- Angulo, J. (2007). Microcontroladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones. 4ta Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana. Madrid
- Arriola, J. (2016). Representación Matemática de Ondas Cerebrales. Trabajo Especial de Grado. (Magister Matemática). Universidad Nacional del Sur. Argentina. Bahía Blanca.
- Blue,E (2011). NeuroSky brainwave visualizer. Dis, Consulta: 30 mar 2019]. Disponible en línea: <http://eric-blue.com/2011/07/13/neurosky-brainwave-visualizer/>
- Bronzino, J. (2016). The Biomedical Engineering Handbook. Primera Edición. Minnesota, EE.UU.CRC-Press.
- Calderón, D. (2016). Procesamiento de Ondas Cerebrales con Microprocesador ARM para Control de Coche Teledirigido. Trabajo Especial de Grado (Ingeniería en las Tecnologías de Telecomunicación). Escuela Técnica Superior de Ingeniería. España. Sevilla.
- Chávez, N (2007). Metodología de la investigación. Editorial Esfinge, 2da edición, España.Fitzgerald, S. (2000). Fundamentos de Comunicación de Datos. México, Editorial Limusa.



Gavino, C. y Hi-Fong, J. (2015). Diseño y Construcción de una Interfaz Electrónica que permita Recoger los Biopotenciales Eléctricos del Cerebro de un Paciente Mediante Tecnología Inalámbrica para Enviarlos A Una PC. Trabajo Especial de Grado. (Ingeniero en Electricidad y Computación). Escuela Superior Politécnica. Ecuador. Litoral.

Hernández, R., Fernández C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta edición. Editorial McGraw Hill. México.

Neurosky (2020). <http://neurosky.com/>

Savant, J. (2002). Diseño Electrónico. (Libro en Línea). México: Editorial Prentice – Hall. Disponible: <https://biblioseb.files.wordpress.com/2013/04/savant-disec3b1os-electronicos-circuitos-de-sistema.pdf> (Consulta: 2019, Junio 24).

Solis, Cordova y Tapia (2015). Sistema de Control de Brazo Robótico Mediante Ondas Cerebrales Desarrollado en Software Libre para Asistencia a Personas con Capacidades Especiales. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero en Electrónica e Instrumentación. Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador.