

Ventajas funcionales de la conversión entre señales biológicas y la digitalización de ellas para diferentes usos

Una tesis presentada para obtener el título de
Ingeniero en Telecomunicaciones
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Yonathan Stiven Peña Urbina.
Marzo 2020.

Ventajas funcionales de la conversión entre señales biológicas y la digitalización de ellas para diferentes usos

Una tesis presentada para obtener el título de
Ingeniero en Telecomunicaciones
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Yonathan Stiven Peña Urbina.
Marzo 2020.

Dedicatoria

*A Dios por darme la fuerza de voluntad para seguir adelante contra toda adversidad
Y lograr cada uno de mis sueños y completando este que es el de convertirme en ingeniero.*

*Con todo mi amor y cariño le dedico este logro a mi familia empezando principalmente
por mi madre María Aurora Urbina Sierra, quien me ha brindado un hermoso ejemplo de
perseverancia, esfuerzo y dedicación y gracias a esto me ha convertido en un soñador
imparable que poco a poco va cumpliendo cada promesa pactada cuando era niño.*

*A María Teresa sierra, mi abuela que ha sido un ejemplo de vida, mi figura paterna Danny
Orlando Gonzales Pomar, quien me ha apoyado desde el momento que llegó a nuestras
vidas y le doy gracias a Dios por eso, y a mis tres maravillosos hermanos, Miguel Angel
Cardona Urbina el irremediable pero incomparable ser, que nada te impida soñar y que
esto te demuestre que lo que te propongas lo puedes lograr, a María Isabella Gonzales mi
niña adorada y Juan Andrés Gonzales el más pequeño y adorable de mis hermanos*

*quiero dedicarles este logro decirles que todo lo hago por ustedes, porque deseo
profundamente crecer como persona y crecer como profesional para así lograr mis
objetivos de vida y poder brindarles el mundo entero.*

Agradecimientos

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en el desarrollo de este trabajo y mi formación profesional. Pero lo resumiré y exaltaré brindando mis más sinceros agradecimientos a mis padres que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible. Así mismo, agradezco infinitamente a mis hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar, ojalá algún día yo me convierta en su fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino. Además, quiero mencionar a mi hermano Brayan Urueña, la familia que Dios nos pone en el camino para escoger, gracias por ese gran apoyo y en algún momento de nuestras vidas te lo compensaré, y es porque este logro también te pertenece y sobre todo gracias por ser mi leal amigo.

De igual forma, agradezco a mi asesora de tesis, la ingeniera Edna Rocío Escandón, gracias por tener la tolerancia suficiente, aguantarme todo este tiempo y acompañarme en este bonito proyecto que me brindó bastantes enseñanzas a nivel personal y profesional.

A la ingeniera Ángela Ospina, líder del grupo de investigación, por ser ese motor motivacional que nos empujaba a seguir cuando veíamos situaciones caóticas y siempre con una gran y hermosa sonrisa.

También quiero mencionar a uno de los mejores maestros que he tenido a pesar de que solo pude compartir en los últimos semestres de mi carrera, el ingeniero Héctor Julián Parra, que gracias a sus consejos, enseñanzas y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. No hubiera logrado comprender muchas cosas si no lo hubiese conocido y quien por sobre todo, siento una profunda admiración y respeto porque es todo un ejemplo a seguir. Y por supuesto a cada profesor que me han visto crecer como persona, y que gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y alegre de culminar esta etapa de mi vida. Le doy gracias a Dios por ponerlos en mi camino, Dios los bendiga a todos.

Resumen

Para esta investigación se partió de la indagación de diferentes proyectos con relación a el desarrollo de sistemas de comunicación biotecnológicos, se brindó así diferentes ejemplos de sistemas que permitieron la interacción entre personas o el mejoramiento de la calidad de vida gracias una computadora. Siendo así, se encontró que esta relación, sistemas biológicos y sistemas electrónicos, pueden generar grandes avances.

Se partió del primero de ellos y usando la bipolarización muscular y la electroquímica del cerebro, como medio conducto para el inicio de un sistema de telecomunicación; se identificaron aspectos importantes a analizar, como los impulsos eléctricos de muy baja intensidad, los cuales son generados por el cerebro y desplazados a través del tejido nervioso que inervan los músculos. Comprendiendo lo anterior se inició con el uso de equipos biomédicos como el electro miógrafo, el cual proporciona gráficas de la fluctuación de este paso de electricidad con el que se evaluó las posibilidades de uso y aplicación de este para la investigación.

Se diseñó el esquema de un dispositivo electrónico encargado de solventar la funcionalidad del electro miógrafo, cumpliendo con la adquisición, filtro, amplificado y suavizado de la señal para luego procesarla u/o programarla y así asignarle una tarea específica, brindamos muchos ejemplos aplicados como medios traductores, ejecuciones mecánicas (para usos protésicos) o comunicación inteligente.

Palabras Claves: electromiografía, conversión, bipolarización, fluctuación.

Abstract

For this research, we started with the investigation of different projects in relation to the development of biotechnological communication systems, thus providing different examples of systems that allowed the interaction between people or the improvement of the quality of life thanks to a computer. Thus, it was found that this relationship, biological systems and electronic systems, can generate great advances.

It started from the first of them and using muscle bipolarization and electrochemistry of the brain, as a conduit for the start of a telecommunication system; important aspects to be analyzed were identified, such as very low intensity electrical impulses, which are generated by the brain and displaced through the nerve tissue that innervates the muscles. Understanding the above began with the use of biomedical equipment such as the electromyography, which provides graphs of the fluctuation of this passage of electricity with which the possibilities of use and application of this for the research were assessed.

The scheme of an electronic device designed to solve the functionality of the electromyography was designed, complying with the acquisition, filter, amplification and smoothing of the signal to then process or / or program it and thus assign a specific task, we provide many examples applied as translating means , mechanical executions (for prosthetic uses) or intelligent communication.

Keywords: electromyography, conversion, bipolarization, fluctuation.

Tabla de Contenido

Introducción	1
Justificación	3
Objetivos	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Marco de Antecedentes	5
Marco Teórico	15
Telecomunicaciones	15
El electromiograma	16
Encefalograma - EEG	18
Proteus Design Suite	21
Inteligencia artificial (Artificial Intelligence, o AI)	25
Red neuronal	27
Marco conceptual	29
Telecomunicaciones	29
Fluctuación	29
Electromiografía	29
Videogrametría	30
Dinamometría	30
Neurología	30
Sistema nervioso central	30
Sistema nervioso periférico	31
Ondas	31
Ondas Beta	32
Ondas Alfa	32
Ondas Theta	32
Ondas Delta	33
Discapacidad	33
Polarización	33
Inervar	34
Sinapsis	34
Músculo	34
Inteligencia artificial (AI)	35
Proteus	35
Diseño metodológico	36
Aplicación metodológica	37
Fase 1	37
Fase 2	46
Fase 3	48
Conclusiones	55
Lista de referencias	58

Lista de figuras

Figura 1 Resultados para el análisis de la marcha humana (Villa, Adriana. Gutiérrez, Eduardo. Pérez, Juan Carlos).	7
Figura 2 Mapa de la musculatura facial con indicaciones de ubicación de sensores. (López Larraz, Martínez Mozos, Antelis Ortiz, Damborenea Tajada, & Mínguez Zafra).	8
Figura 3 Esquema de estructuración electrónica (Realización propia).	10
Figura 5 Hardware desarrollado con su respectivo electromiógrafo incorporado. (Back Yard Brains).	12
Figura 4 Ubicación electrodos (Back Yard Brains)	12
Figura 6 Plano Muscular (Back Yard Brains)	13
Figura 7 Señales independizadas (Back Yard Brains)	14
Figura 8 Electromiograma (Salud - Canales Mapfre)	16
Figura 9 Ondas Beta a Delta (Realización propia)	19
Figura 10 Ondas Delta a Beta (Realización propia).	20
Figura 11 Etapas de Proteus Design Suite (Hubor Proteus)	21
Figura 12 Esquema electrónico EMG (Arizaga, Jorge)	23
Figura 13 Esquema electrónico EMG (Arizaga, Jorge)	23
Figura 14 Esquemmatización en capas de la red neuronal (Atria Innovation).	26
Figura 15 Esquema electrónico EMG (Arizaga, Jorge)	36
Figura 16 Adquisición de señal. Prueba de funcionamiento (Realización propia).	37
Figura 17 Esquema electrónico EMG realizado (Realización propia).	39
Figura 18 Adquisición de señal (Realización propia).	40
Figura 19 Amplificación de señal (Realización propia).	40
Figura 20 Esquema de Proteus (Realización propia).	42
Figura 21 Filtro 60Hz (Realización propia).	42
Figura 22 Prueba 1: Filtro a 60Hz (Realización propia).	43
Figura 23 Prueba 2: Filtro a 120Hz (Realización propia).	44
Figura 24 Rectificado (Realización propia).	43
Figura 25 Suavizado (Realización propia).	44
Figura 26 Filtro suavizado en Proteus (Realización propia).	45
Figura 27 Circuito montado en protoboard. (Realización propia).	46
Figura 28 Prótesis de gancho (Medical Expo).	49
Figura 29 Prótesis estéticas (Revista INGENIUS).	49
Figura 30 Prótesis mioeléctrica (#DeporteMental).	49
Figura 31 Mecanismo epicicloidal con EMG (Realización propia).	50
Figura 32 Esquema de voz artificial (Realización propia).	53
Figura 33 Evolución tecnológica servicios móviles (MinTIC).	54

Lista de tablas

Tabla 1 Materiales implementados para la investigación (Realización propia).	47
Tabla 2 Materiales MYO thalamic labs (Realización propia).	48

Introducción

Las herramientas Tics aplicadas al uso de la electromiografía, técnica usada para el estudio del funcionamiento del sistema nervioso periférico y los músculos que este inerva, nos lleva a explorar las ventajas funcionales de la conversión entre señales biológicas y la digitalización de ellas para diferentes usos, aplicando a su vez variados conceptos teóricos médicos y del área de las telecomunicaciones para así lograr un articulado a presentarse como finalidad de opción de grado para la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Este tipo de pruebas consiste en dejar un registro detallado de las oscilaciones, amplitudes de onda que genera el cuerpo en valoración, así se puede determinar varios problemas de salud principalmente los cardiovasculares, además se busca mencionar en qué otros campos pueden ser aplicados para incentivar el desarrollo de las tecnologías de la comunicación, se realiza una descripción detallada de las áreas operativas en las que esta tecnología se ha aplicado y ha beneficiado, dando como ejemplo principal la medicina.

Determinando el estudio realizado nos podemos dar cuenta si el área evaluada presenta daños significativos. Esto se realiza con el fin de ejecutar acciones que ayuden a prevenir posibles causas de muerte. Desde la invención, esta tecnología ha permitido salvar incontables vidas pero abiertamente se ha limitado a esa área. Al introducirnos en la ingeniería de las telecomunicaciones podemos comprender que esta misma tecnología nos puede beneficiar dándole un uso a escala de evolución humana

De allí a que surjan algunas preguntas tales como ¿podemos comunicarnos con computadoras sin necesidad de tocarlas, simplemente con la ejecución de un pensamiento?

A inicios del siglo XX los seres humanos consideraban que cruzar los cielos era imposible. Darles la idea de volar era considerado incongruente ha pasado un siglo y hoy a la luz del día existen maquinas que vuelan a mach 20 equivalente a 24.696 kilómetros por hora. Actualmente nuestra capacidad de compresión no nos limita a la idea de poder lograrlo ya que diariamente la tecnología evoluciona y solo nosotros somos conscientes del fin que le concebiremos.

Justificación

El sistema neurológico se encarga del control del sistema músculo-articular, está diseñado para brindarnos información del estado en el que se encuentra nuestro cuerpo y las ejecuciones a realizar, este se divide en dos partes: Sistema Nervioso Central constituido por el encéfalo y la médula espinal y el segundo el Sistema Nervioso Periférico, el cual se encuentra inervado en los músculos del cuerpo y estos funcionan de una manera muy eficaz.

¿Pero qué pasaría si este sistema se ve interrumpido por alguna enfermedad o accidente donde la vida de la persona quede limitada físicamente en su totalidad o parcialmente como lo podemos ver en las personas sordo – mudos, o personas en estado de discapacidad por alguna amputación de una extremidad? Un ejemplo significativo es la pérdida de la mano, una parte compleja e importante del cuerpo humano, que entre muchas funciones permite tomar un pincel y trazar líneas exactas dando como resultado obras de increíble precisión o para construir pequeñas placas electrónicas donde se requiere medidas milimétricamente exactas que terminan como circuitos electrónicos complejos, como también puede mantener una fuerza de agarre equivalente al peso del cuerpo. Su pérdida al igual que la de cualquier miembro del cuerpo genera traumatismos para desempeño laboral y en la vida diaria.

La discapacidad, es un término genérico que incluye deficiencias o alteraciones en las funciones habituales, conlleva limitaciones en el desarrollo de actividades o restricciones. La discapacidad indica los aspectos negativos de la interrelación entre un individuo con una condición de salud y sus factores contextuales, tal como lo es la

esclerosis múltiple, esta impide el normal funcionamiento de las fibras musculares y a su vez impide el correcto funcionamiento de su cuerpo. (Flores, Rápalo, & Zúñiga, 2015).

De acuerdo con lo anterior, se pueden implementar diferentes soluciones, pero no una completa que sea funcional, de allí a que se llegue a indagar dentro del campo de la bipolarización muscular para comprender las señales eléctricas producidas por un músculo y para aprovecharlas a través de la manipulación de las mismas por medio de una computadora, con esto se permitiría a cualquier usuario controlar sistemas informáticos y/o electrónicos mediante la contracción de determinados músculos y la posterior mejora de sus capacidades motrices y sistemas de comunicación.

Objetivos

Objetivo General

Evidenciar las ventajas funcionales que se obtienen al usar el sistema nervioso periférico y central como medio para generar un nuevo sistema de comunicación digital y descubrir posibilidades de uso y en qué campos puede ser aplicado.

Objetivos Específicos

Realizar investigación metodológica de conceptos, sobre la funcionalidad y casos de éxito en la aplicación de la electromiografía en áreas diferentes a la biomédica.

Diseñar un esquema electrónico que permita simular el funcionamiento del electro miógrafo, para la recepción de las variables del sistema nervioso periférico y central que permita la aplicación en diferentes campos de la ingeniería

Marco de Antecedentes

El estudio ‘Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría’ (Villa, Gutiérrez, & Pérez, 2008), utiliza tres herramientas para analizar la marcha humana y así diagnosticar patologías neuro-musculo-esqueléticas, ya sean temporales o permanentes, generales o locales. Se usa la videogrametría para graficar el rastro de la marcha y así poder usar la dinamometría para evaluar el rendimiento físico y la condición nutricional de los sujetos y lograr tener un estándar de referencia para la fuerza muscular, considerando sus puntos de ejecución, presión y pérdida.

Regularmente otros procedimientos que afectan la deambulación son evaluados, algunos como la presencia del dolor que conlleva a asimilar posturas antiálgicas (Posturas u posiciones que adopta un enfermo para evitar el dolor, enfermedades de debilitamiento general como cánceres, edad, obesidad, patologías respiratorias).

Un análisis completo de la marcha de un paciente ayuda a identificar problemas específicos que lo pueden afectar y así poder realizar una preinscripción quirúrgica, farmacológica o terapéutica. Gracias a estos sistemas se pueden generar una estandarización con la electromiografía y usarlos en la biomecánica deportiva o cualquier otra área que la pueda adoptar. Incluso puede usarse como evaluador de riesgo en actividades físicas.

Para el desarrollo de un estudio que analice la marcha (Animal/humano) es necesario contar con protocolos de estandarización que nos retroalimenten con parámetros de forma confiable y válida. Estos protocolos se estructuran dependiendo del sujeto, la

configuración de las pruebas o laboratorios para obtener la información a presentarse basándose en el orden, tiempo y ciclos de uso, a lo que se debe tener en cuenta considerar el análisis de resultados.

Para la presentación de los resultados se usan reportes de la información obtenida con gráficas cinemáticas, cinéticas o electromiográficas. Esto permite adaptar un reporte con datos específicos para que sean de interés para un respectivo análisis.

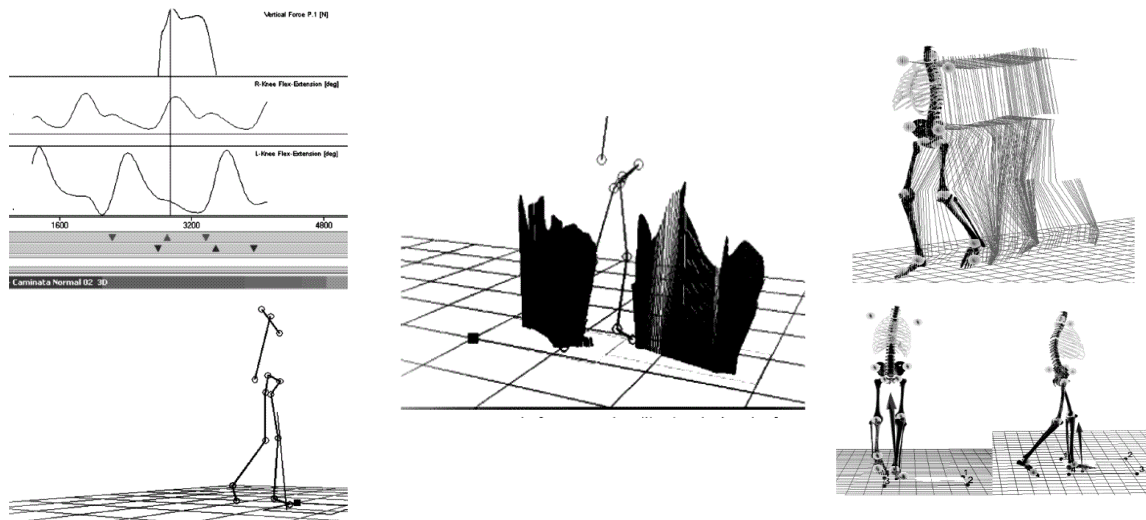


Figura 1 Resultados para el análisis de la marcha humana (Villa, Adriana. Gutiérrez, Eduardo. Pérez, Juan Carlos).

Con estos datos obtenidos se descartan patologías severas, como marcha festinante, marcha en tijeras, marcha espástica, marcha en estepaje, marcha de pato, marcha atáxica y marcha apráxica; patologías que afectan la ejecución de la marcha, acción motriz o simplemente alteración anatómica.

Para el 2009 el Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica formuló un ‘Diseño de un sistema de reconocimiento del habla mediante electromiografía’ (López Larraz, Martínez Mozos, Antelis Ortiz, Damborenea Tajada, & Mínguez Zafra), usando el sistema nervioso como medio para ejecutar aplicaciones beneficiaría el flujo de

comunicación actual. Para la interpretación de los músculos de la cara se tuvieron en cuenta: levator labii superioris, zygomaticus major, risorius, orbicularis oris superior, depressor anguli oris, depressor anguli inferioris, tongue, ground, reference, digastric.

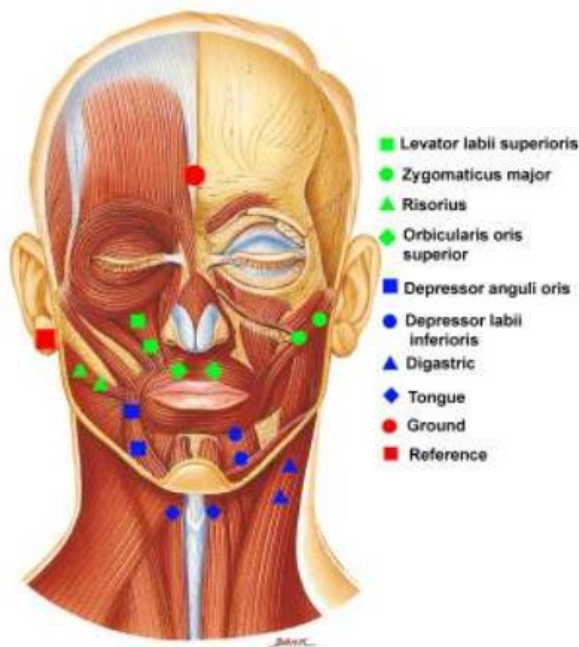


Figura 2 Mapa de la musculatura facial con indicaciones de ubicación de sensores. (López Larraz, Martínez Mozos, Antelis Ortiz, Damborenea Tajada, & Mínguez Zafra).

Este sistema analiza las señales de los músculos comprometidos que serán ocho extensiones en paralelo. Cuando el sujeto pronuncia fonemas que corresponden a sílabas del idioma español, para cada grupo de señal se describe una secuencia de características que representan el sonido silábico y con ayuda de estas características se hace un entrenamiento a un clasificador multiclase para 30 sílabas, este clasificador reconoce la

pronunciación con un porcentaje de eficiencia del 71%. Usando este método para la identificación se usa las sílabas más simples y representativas como base para generar la construcción del sistema, además, se investiga la pronunciación dividida en cinco grupos principales: labiales, dentales, palatales, velares y alveolares.

Dentro del campo que más ha sido destacado, en cuanto al tipo de interfaz persona y ordenador es el sistema de reconocimiento de voz, funciona usando registros de voz de una

persona, procesarla y clasificarla para reconocer qué es lo que está diciendo. Pero a pesar del avance del mismo sistema de reconocimiento, este tipo presenta múltiples inconvenientes que lo pueden dejar inhabilitado o inservible, por ejemplo, este en un entorno ruidoso no resultaría útil, ya que existiría demasiado ruido para el reconocimiento; pero gracias a esta tecnología el sujeto no necesita reproducir señales acústicas, no necesitaría usar su voz, ya que solo requiere del movimiento músculo-facial que produce un voltaje que al ser detectado se puede procesar a través de un ordenador.

A inicios de 2013 fue presentada 'MYO', una manilla electrónica desarrollada por la compañía estadounidense Thalmic Labs cuyo enfoque es el desarrollo de tecnologías portátiles. Esta pulsera es compatible con dispositivos electrónicos de uso diario o que tengan alguna antena de RF (Radio Frecuencia) y su funcionamiento se basa en la lectura de las señales eléctricas generadas al mover un músculo, este proceso se realiza por medio de electrodos integrados a la misma pulsera. MYO es un desarrollo revolucionario ya que las tecnologías que más se pueden acercar a este dispositivo es el electromiógrafo médico, o en un paralelo dispositivos que usan sensores y cámaras para detectar alguna ejecución, pero todo esto hace que no sea ergonómico, presente dificultades y la molestia al portar estos dispositivos día a día.

MYO toma la señal eléctrica de algunos movimientos específicos del cuerpo y la digitaliza, esto gracias a una serie de amplificadores instrumentales y diferentes elementos electrónicos, específicamente no se conoce qué elementos se utilizaron para este producto ya que es confidencial y la patente está adquirida por la empresa desarrolladora. El funcionamiento técnicamente trabaja con gestos, movimientos, realizados por un grupo de

músculos lo que generan una señal bruta, que luego se digitaliza y es programada por medio de Arduino, posteriormente se genera una base de datos para que la manilla al momento de ser utilizada por cualquier persona el sistema sepa reconocer el movimiento o gesto realizado.

La Universidad del Cauca en 2007 realizó el ‘Análisis de señales EMG superficiales y su aplicación en control de prótesis de mano’, en este se hizo una “revisión de las técnicas más utilizadas en análisis y extracción de características discriminantes de las señales motoras EMGs con fines de aplicación en el control de prótesis virtuales de mano” (Romo, Realpe, & Jojoa, 2007, pág. 127).

Se puede reafirmar la complejidad tecnológica con la que se está avanzando al diseñar mecanismos protésicos o extensiones de alguna parte del cuerpo humano, mejoras que pueden incrementar fuerza, resistencia e incluso sintetizando características importantes estrictamente necesarias como lo es flexibilidad, estética, cosmética, peso ligero y multifuncionalidad, todos estos sistemas vienen complementados por tres secciones que se requieren como mínimo para brindar un producto funcional aclarando que una es dependiente de otra.



Figura 3 Esquema de estructuración electrónica (Realización propia).

El mismo avance que ha tenido este sistema mioeléctrico es por su desempeño en la ejecución y accionamiento de movimientos en ángulos específicos que terminan siendo prácticos con la neutralidad de los ejecutados por el cuerpo real.

Las EMG tienen un cambio significativo gracias al análisis de señales usando la transformada de Fourier, aplicada en la investigación mencionada, que consiste en dominio del tiempo/frecuencia.

$$\text{DISTANCIA} = \text{VELOCIDAD} * \text{TIEMPO}$$

$$D = V * T = D f (v,t)$$

Esta información, lecturas EMG, cuentan con una ecuación diferencial que describe el movimiento de este sistema, el cual es representado por medio de una gráfica sinusoidal. Al igual es usada la transformada WAVELET para tratar las señales electroencefalografías (Registro de actividad cerebral) y con su virtualización desarrollar dispositivos OIT (Internet de las cosas).

Back Yard Brains realizó un experimento en el cual diseñó un prototipo de una mano robótica antro métricamente exacto, con un mecanismo que se basa en el funcionamiento agónico de la misma pero se resalta el método de comunicación, de usuario a herramienta protésica ya que utiliza la electromiografía (EMG) como conducto de comunicación y la bipolarización muscular como emisor.

El objetivo general del experimento era clasificar de manera independiente las señales eléctricas del antebrazo de manera más efectiva e independizarlas, para así poder simplificar una orden programada con detalle y precisión logrando demostrar su funcionamiento con el mecanismo protésico, mejorando al usuario la funcionalidad de su prótesis en cuanto al índice de grados de incidencia de los dedos.

“El campo de la NeuroProthetics está creciendo rápidamente a medida que los neurocientíficos e ingenieros aprendan a interactuar las señales intrínsecas de las neuronas

y los músculos para controlar dispositivos mecánicos y computacionales” (Back Yard Brains, 2017, párr. 1) el uso tecnológico de estas podrá aplicarse en diseño de prótesis y otros elementos que den utilidad.

Los investigadores en neurociencia creadores del sitio web Back Yard Brain, desarrollaron el paso a paso para la conexión del sistema nervioso al programa BYB HackerHand Control, creado por ellos. Con este experimento puede observarse la ubicación específica de cada electrodo para independizar los movimientos de cada dedo mostrando a su vez las frecuencias que estos generan.

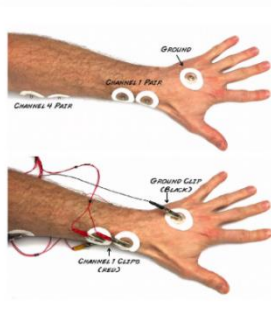
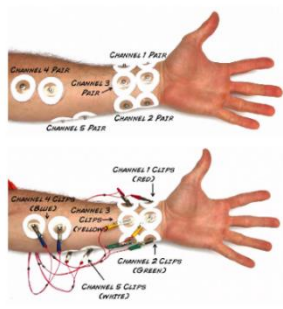


Figura 4 Ubicación electrodos (Back Yard Brains)

Figura 5 Hardware desarrollado con su respectivo electromiógrafo incorporado. (Back Yard Brains).

Dentro de la figura 4 se evidencia la ubicación de los electrodos posicionados para poder independizar la señal de cada dedo, ya que varios músculos del antebrazo pueden comprometer al movimiento de uno solo de ellos para ejecutar un movimiento agónico o antagónico, estos músculos están denominados como flexores de los dedos. Después se puede observar los extensores de los dedos que ayudan con el movimiento antagónico y se ubican en la cara posterior del antebrazo. Posterior se encuentran los supinadores o



rotadores externos al antebrazo ubicados en el borde radial que ayudan con los movimientos bidireccionales hacia el pulgar del antebrazo.

Figura 6 Plano Muscular (Back Yard Brains).

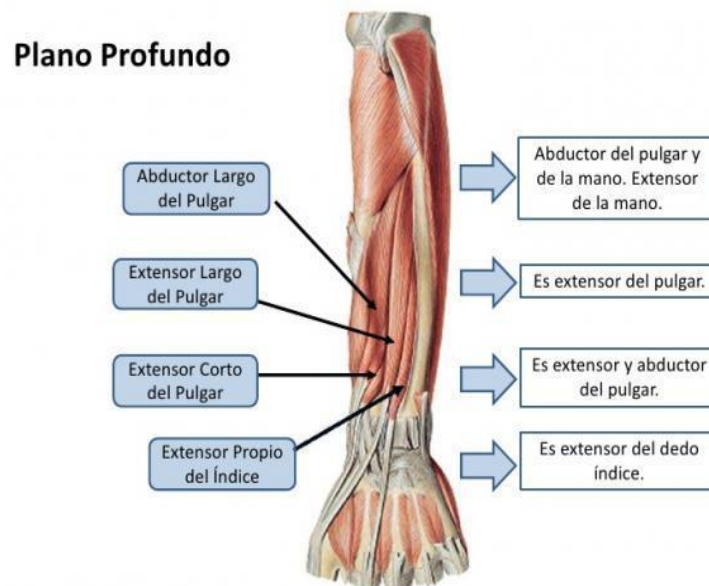


Figura 7 Señales independizadas (Back YardBrains)

En la imagen anterior (Figura 7) se visualiza la señal adquirida del proyecto Back Yard Brains de cada dedo mostrando de manera independiente su ejecución, esta muestra la señal ya filtrada y suavizada para su correspondiente programación, sin embargo se debe

comprender que esta frecuencia tiene una magnitud que mide la cantidad de repeticiones que pueda tener un suceso por unidad de tiempo y debe ser medida en hercios (Hz), catalogado así por el Sistema Internacional de Unidades.

Marco Teórico

Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones son una rama de la ingeniería que se encargan de estudiar los sistemas que pueden transmitir o recibir cualquier tipo de señal particularmente eléctrica o electromagnética que sirva para contener algún tipo de dato o información esta disciplina agrupa la eléctrica, electrónica, telemática y comunicación. (Roca, s.f.).

Actualmente este es uno de los campos en los que más se está manifestando con mayor intensidad la modernización tecnológica según Enrique Herrera (2004), este ha evolucionado permitiendo mejorar la calidad y velocidad en la que nos comunicamos.

Actualmente no se logra concebir la vida sin esta, ya que se volvió una necesidad primordial del ser humano y esta evolucionará sin perder su importancia, por ello en este proyecto queremos demostrar que las telecomunicaciones pueden llevar a fusionarse a un nivel orgánico.

“Telecomunicaciones significa la transmisión a distancia de información mediante procedimientos electromagnéticos” (Herrera, 2004), es decir que aquí empezamos a hablar de procesos de comunicación en los que habitualmente se requiere de conversión a forma eléctrica de la información, la cual se clasifica en analógica y de datos según Herrera.

Herrera menciona, además, que para la transferencia efectiva de información requiere de cuatro componentes básicos o esenciales, los cuales son: un dispositivo de transmisión, un mecanismo de transporte, un dispositivo de recepción y que el transmisor envíe únicamente la información que sea compatible para el receptor (2004).

Uno de los campos descubrimientos que ha impulsado la modernización de la telecomunicación es la digitalización, es decir, “la codificación de las señales en forma binaria mediante la presencia o ausencia de pulsos electrónicos” (Herrera, 2004). Se suma además a las características de este campo mencionadas en la introducción a las telecomunicaciones modernas de Herrera, los benéficos servicios y bajos costos de producción, lo que ubica a las telecomunicaciones en “un lugar preponderante en el desarrollo integral de las naciones” (2004).

El electromiograma

La electromiografía es una herramienta ya utilizada en el campo médico que permite estudiar el funcionamiento del sistema nervioso periférico y todo lo que este inerva, facilita la detección de



Figura 6 Electromiograma (Salud - Canales Mapfre)

enfermedades neuromusculares heredadas genéticamente o adquiridas crónicamente permitiendo clasificarla según su intensidad y origen. Este proceso es poco invasivo ya que solo requiere introducir los electrodos de aguja en el área a estudiar para registrar las corrientes eléctricas que se forman en los nervios al producir alguna contracción o funcionamiento autónomo, tal como en los órganos blandos, revisando la actividad eléctrica célula a célula

Puede encontrarse alteraciones neuromusculares analizando: “La amplitud de las corrientes eléctricas, el número de fibras musculares que se contraen, el tiempo que tardan en contraerse, el tiempo que se mantienen contraídas.” (Saceda Corralo, 2018, párr. 4).

El profesional en medicina y especialista en neurofisiología, neurólogo o neurocirujano, puede realizar una interpretación bastante aproximada del origen de las alteraciones, cabe recalcar que durante el proceso el especialista requerirá más estudios médicos para complementar y poder tener una valoración final y así programar un tratamiento detallado para el paciente, en el caso de la fibromialgia, afirma Saceda (2018), esta se caracteriza por un dolor musculoesquelético, es un trastorno generalizado debido a que llega con problemas de fatiga excesiva que afectan la memoria y el ánimo de la persona y según estudios realizados por la Fundación Carlos Slim en el 2015 y Mayo Clinic en 2017, han probado que la fibromialgia amplifica el dolor, porque esta afecta el cerebro y su manera de procesar las señales de dolor, además que existen ocasiones donde los síntomas comienzan después de traumas físicos, cirugías, estrés psicológico, infecciones y algunos casos los síntomas se compilan gradualmente con el hasta que ocurra un suceso que desencadene, produciendo dolor generalizado, fatiga, trastorno del sueño, síndrome de las piernas inquietas y dificultades cognitivas; estas suelen coexistir con otras afecciones dolorosas tales como el síndrome de intestino irritable, migraña, cistitis intersticial o síndrome de la vejiga dolorosa y trastornos de articulación.

En el mundo son más propensas de sufrirlo las mujeres que los hombres, afirma Mayo Clinic, y si bien no existe alguna cura, esta se puede detectar con el estudio que hace a través del electromiograma para así llevarla con un tratamiento que permita controlar los síntomas como medicación, ejercicio o medidas para reducir la ansiedad y estrés. ¿Por qué duele?:

Los investigadores creen que la estimulación nerviosa repetida provoca cambios en el cerebro de las personas que padecen fibromialgia. Este cambio está relacionado con un aumento anormal en los niveles de ciertos químicos en el cerebro que transmiten señales de dolor (neurotransmisores). Además, los receptores de dolor del cerebro parecen desarrollar una tipo de memoria del dolor y se hacen más sensibles, lo que significa que pueden reaccionar de manera desproporcionada ante las señales de dolor. (Clinic, 2017, párr. 17).

Encefalograma - EEG

Saceda afirma que esta técnica se basa en el escaneo eléctrico del sistema nervioso central, la prueba usa concretamente la actividad eléctrica de la corteza del cerebro y esencialmente con ayuda de electrodos de superficie especiales detecta aquellas que se forman en las neuronas cerebrales y que son la base de un funcionamiento completo e integrado del sistema nervioso. Este procedimiento permite detectar o diagnosticar alteraciones del flujo eléctrico que pueden validarse como narcolepsia, epilepsia e incluso demencia. Entre muchas otras más, cabe destacar que gracias a este procedimiento se puede validar o certificar la muerte de un paciente en coma.

Anteriormente en el siglo XX, 1920, el doctor alemán Hans Berger entró en el campo de la encefalografía y permitió revolucionarlo ayudando en las áreas de psiquiatría y neurología debido a que la prueba permite identificar los ritmos normales y patológicos de la actividad cerebral. (Saceda Corralo, 2018).

El cuerpo humano es dependiente del sueño o vigilia para así mantener sus ondas eléctricas normales, estas ondas que se encuentran habitualmente dentro de la vigilia son ritmos alfa, delta, beta y theta:

En Psicología de la Percepción Visual de la Universidad de Barcelona, definen los cuatro tipos de ondas que se dan durante la vigilia. Ondas Beta cuyas frecuencias oscilan en 14 y 30-35 Hz (Ciclos por segundo o CPS) producidas cuando el cerebro está despierto y ejecutando actividades mentales intensas, un ejemplo general es resolver un problema de matemáticas, comprensión analítica, estudiando o brindando un discurso. Estas son ondas amplias y la de mayor transmisión de las cuatro.

La segunda son las Ondas Alfa cuya frecuencia oscila entre los 8 y 14 Hz, estas son de mayor amplitud que las beta, estas son emitidas cuando el cerebro las emite de la persona entra en estado de descanso, después de culminar una tarea o cuando disfruta de algún placebo sensorial, tal como disfrutar un paisaje u oler aromas agradables.

Posterior a estas se encuentran las Ondas Theta que son de mayor amplitud y menor frecuencia porque están entre los 4 y 8 Hz. La Universidad de Barcelona brinda un ejemplo

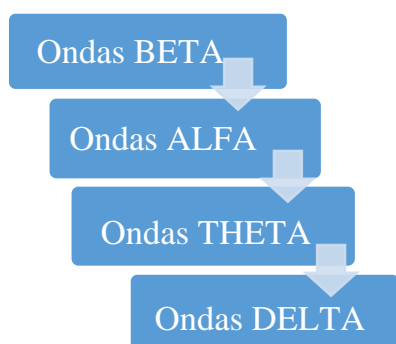


Figura 7 Ondas Beta a Delta
(Realización propia)

en cuanto una persona conduce y simplemente su mente se deja ir fantaseando o imaginando alguna otra situación y de pronto no recuerda sus últimos kilómetros recorridos, este se da por que las tareas que en su momento se realizan se han automatizado, no requieren de un control atencional constante y consciente en su ejecución.

Por último podemos encontrar las Ondas Delta se caracterizan porque son de mayor amplitud y menor frecuencia, entre 1,5 y 4 Hz, nunca llegan a cero debido a que eso

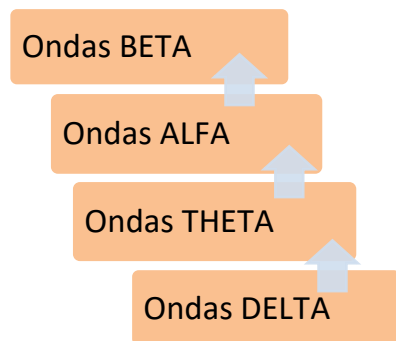


Figura 8 Ondas Delta a Beta (Realización propia).

significaría para el sujeto una muerte cerebral, el reflejo de esta frecuencia es llamado “sueño profundo. Cuando una persona descansa las ondas cerebrales pasan sucesivamente en cascada de beta a alfa, theta y finalmente, delta. (Figura 9) y durante el descanso se producen ciclos que duran unos 90 minutos.

Al revisar la gráfica en cascada se puede concluir que esta constituye el ciclo de sueño, además, que este proceso puede repetirse de manera contraria, al despertar de un sueño profundo la frecuencia de sus ondas cerebrales se va incrementando progresivamente, pasando de delta a theta, luego alfa y finalmente, beta.

Durante este proceso en la mayoría de casos la persona puede permanecer entre 15 o 10 minutos dentro del rango de theta, ya que el sujeto le puede brindar un flujo de ideas nuevas para el día para que sea creativo y productivo, sin embargo la Universidad de Barcelona afirma que en determinados tiempos un estado cerebral puede predominar, pero sin afectar las otras tres ondas restantes, estas también están presentes en cada momento, “es decir, mientras una persona está implicada en una actividad mental, produciendo ondas beta predominando, las ondas alfa, theta y delta se están produciendo también”, (Universidad de Barcelona, s.f.). aunque sólo estén mínimamente siguen estando activas.

Por otra parte se encuentran otras ondas eléctricas que dependen del estado de vigilia y sueño, en esta última se halla la actividad REM y no REM; al igual que estímulos, que son “alteraciones de los ritmos anteriores cuando aparecen estímulos visuales, sonoros, dolorosos o sensitivos” (Saceda Corralo, 2018, párr. 6). El personal asistencial en cuyo caso sería el médico especialista en neurofisiología o neurólogo, usa los datos brindados iniciales para presentar un análisis del origen de las alteraciones.

Proteus Design Suite

Es un aplicativo de servicio que sirve para diferentes sistemas operativos, principalmente se aplica en el desarrollo de esquemas electrónicos, programación de software, simulación de todo el conjunto, construcción de placas electrónicas, depuración de errores, empalmes, entre otras.

La suite permite conocer el proceso de diseño, empalme y construcción de dispositivos electrónicos basados en un microprocesador, esta se compone en cinco etapas:

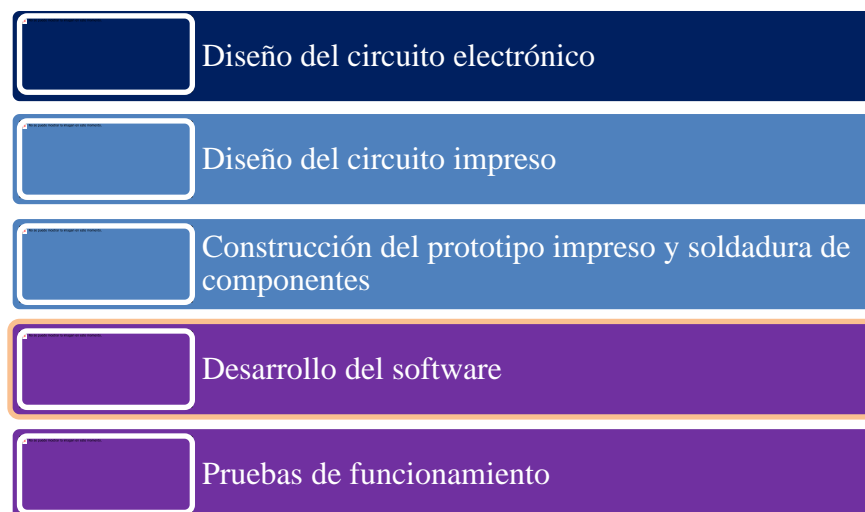


Figura 9 Etapas de Proteus Design Suite (Hubor Proteus)

En la primera etapa, diseño de circuito electrónico, se puede evidenciar los esquemas electrónicos que se van a sintetizar, este módulo permite ahorrar tiempo e inversión en cuanto al equipo que a construirse porque así puede observarse los errores que a presentarse al usar los componentes al trabajar, así mismo corregirlo antes de ensamblar el equipo electrónico,

En el diseño de circuito impreso puede hacerse que el equipo sea lo más ergonómico posible ya que este permite montar la guía de ensamble de los mismos componentes, aquí es donde se organiza la instalación de conexión de cada componente electrónico.

Para la construcción del prototipo impreso y soldadura de componente puede sintetizarse lo que está diseñado, básicamente organizando el esquema diseñado y bajo ese circuito realizado se ensamblan los componentes físicos para al final tener nuestro prototipo tangible,

Desarrollo de software, se incorpora el lenguaje o las características a nivel de software del componente electrónico lo que se realiza es la debida programación de sus funciones a cumplir.

Por último, con las pruebas de funcionamiento del prototipo funcional se validan errores y funcionalidad para encontrar la viabilidad del producto

Con este aplicativo se logra obtener un depurado de errores sin altos costos de ejecución y tiempo. Tal ventaja, especialmente durante las fases de prueba suponen la necesidad de volver a construir nuevos prototipos, ya que se valida prueba y error antes de pasar a componentes físicos, siendo así el ahorro de costos y tiempo es significativo,

además los módulos de proteus se adquieren de manera individual agregando funcionalidad dependiendo de la ingeniería a desarrollar, a medida que esta crece aumenta las necesidades de producción y desarrollo

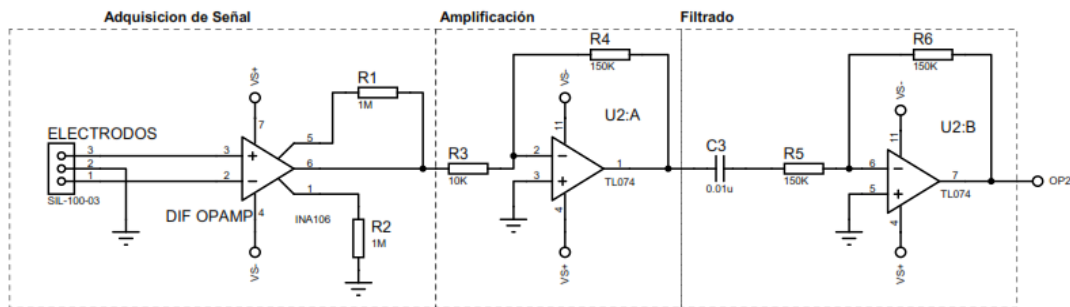


Figura 10 Esquema electrónico EMG (Arizaga, Jorge)
 Este es un circuito desarrollado por estudiantes de la Universidad de Sonora,

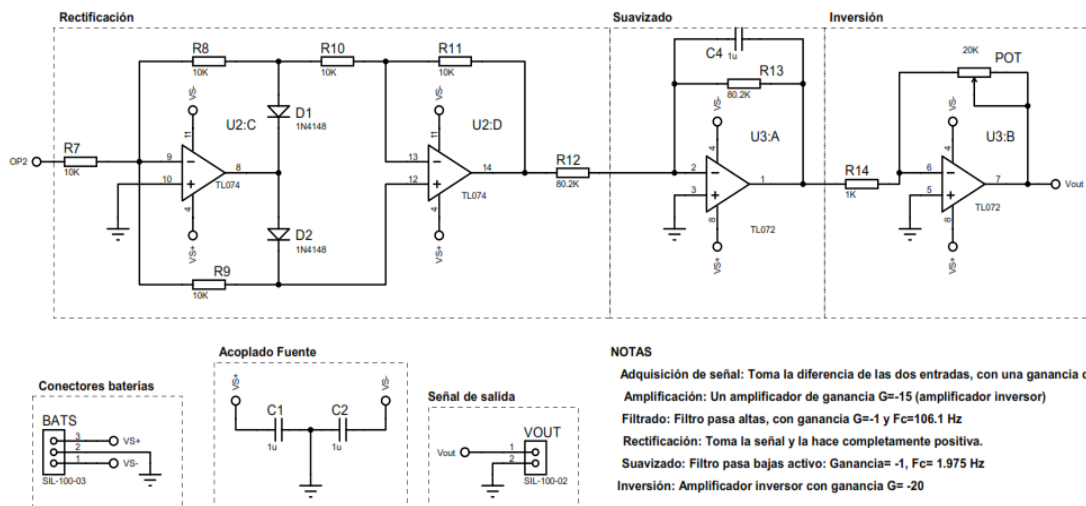


Figura 11 Esquema electrónico EMG (Arizaga, Jorge)
 (Hermosillo, México), gracias a los resultados el circuito fue tangibilizado y tras un trabajo de estudio se identificó que en la etapa de adquisición se usó el INA 106 y el amplificado con un amplificador instrumental TL074, después se filtró para eliminar los ruidos, se usó filtro de alta con ganancia de -1 y una frecuencia de corte de 106 Hz. Al obtener la señal se pasa por la etapa de rectificación.

Se dedujo que este era un tanto alejado a lo deseado debido a que se trabaja con señales del brazo, es decir con músculos grandes como el bíceps y tríceps, teniendo esto en cuenta se debía modificar para poder identificar estas señales en el antebrazo, compuesto de músculos más pequeños, y la adquisición de señal es aún más compleja que con músculos grandes, se trabaja con esta área en específico para lograr que la prótesis sea lo más ergonómica y pequeña posible, sumado a que se pueda adaptar a diferentes tipos de amputación.

Inteligencia artificial (Artificial Intelligence, o AI)

Es la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de máquinas, especialmente sistemas informáticos. Estos procesos incluyen el aprendizaje (la adquisición de información y reglas para el uso de la información), el razonamiento (usando las reglas para llegar a conclusiones aproximadas o definitivas) y la autocorrección. (Rouse, 2018, párr. 1).

Las aplicaciones que se usan de manera habitual como en el reconocimiento de voz y visión nos brinda una ayuda muy exacta y completa desde la automatización de procesos industriales donde se requiere uso de robótica actual. Tales herramientas han logrado reconocimiento por la cantidad de información que puede trabajar con una velocidad de reacción superior a la humana y tareas tales como la identificación de patrones de datos que sirven como el reconocimiento de identidad. Dentro de esta tecnología existen dos tipos de inteligencia que se clasifica en inteligencia artificial tipo débil o inteligencia artificial tipo fuerte.

Las mencionadas tipologías de inteligencia se pueden identificar en el uso diario y pasan desapercibidas, un ejemplo de la inteligencia artificial débil, conocida como AI estrecha, está desarrollada para una tarea específica como lo son los asistentes personales virtuales tales como Google Voice o Siri de Apple. Por otra parte la inteligencia artificial fuerte o denominada AI General conlleva un desarrollo de habilidades cognitivas humanas generalizadas que le permiten encontrar soluciones a problemas o tareas para la cual no estaba programada, ejemplo de ellas es ganar la prueba de Turing de 1950 desarrollada por Alan Turing, esta consiste en diseñar una I.A. que pueda interpretar y responder comportamientos humanos de tal manera que engañar o hacerse pasar por un humano.

Arend Hintze, profesor asistente de Biología Integradora e Ingeniería y Ciencias de Computación en la Universidad Estatal de Michigan, clasifica la AI en cuatro tipos:

- •Tipo 1: Máquinas reactivas.
- •Tipo 2: Memoria limitada.
- •Tipo 3: Teoría de la mente.
- •Tipo 4: Autoconocimiento.

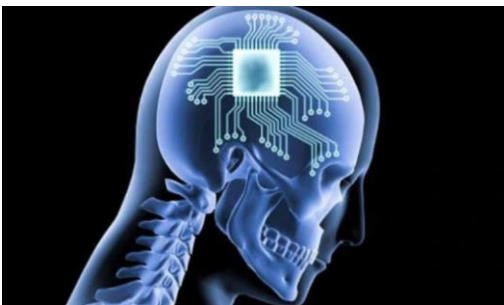


Ilustración 1 El cerebro humano y la AI (Pulido, Pepe).

Neuralink es la simbiosis definitiva entre el cerebro humano y la Inteligencia Artificial. La posibilidad de realizar implantes en el tejido cerebral de una persona le permiten ser capaz de completar operaciones de lectura y escritura, y de manejar un gran volumen de datos.

La implantación de Neuralink será posible mediante un robot quirúrgico que simula el funcionamiento de una máquina de coser. Los hilos, de gran flexibilidad y delgadez, dotarían al cerebro de una capacidad para comunicarse inalámbricamente con dispositivos conectados externos. (Pulido, 2019).

Red neuronal

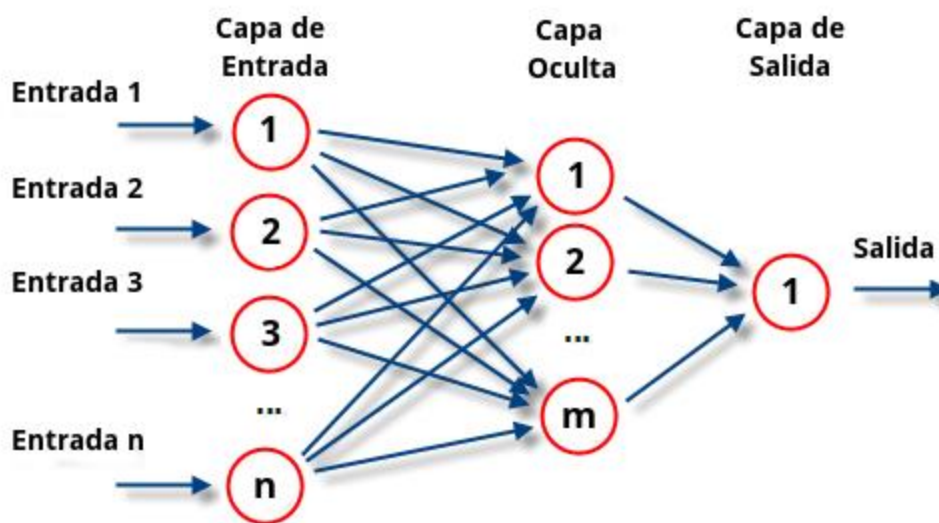


Figura 12 Esquemización en capas de la red neuronal (Atria Innovation).

Es un modelo de inteligencia artificial que funciona bajo las características propias del cerebro, ya que es inspirado directamente de él. Está desarrollado por un conjunto de nodos que simulan las neuronas del cerebro y se interconectan entre sí para llevar información desde una entrada a una salida, estos cumplen el objetivo de retroalimentarse modificándose de manera automática, esta acción le puede permitir realizar tareas que no se resuelven con programación básica o basada en reglas. (Atria Innovation, 2019).

Esta estructura se compone por la entrada que es la capa de inicio o capa de entrada, asociada como receptor, posterior a ello la información sigue y se divide a la capa oculta y

termina en una capa de salida, cada nodo o capa le permite entender o comprender su Problema y solucionarlo tal como una red neuronal humana. Lo anterior se puede observar la siguiente figura realizada por Atria Innovation:

Marco conceptual

Telecomunicaciones

Puede definirse como “el transporte de la información a través de un medio de comunicación utilizando algún tipo de señal, es decir, que las telecomunicaciones son las encargadas del transporte de información entre los diferentes tipos de redes de comunicación que existen actualmente que se traducen en servicios de telecomunicaciones como los que usamos diariamente, tales como: telefonía fija, telefonía móvil o celular, televisión pública, televisión por cable, televisión por satélite, entre otros.” (Martínez, 2014).

Fluctuación

Puede definirse como la experimentación de una variación de una medida o valor. Esta es una entrada que puede encontrarse en diferentes ámbitos y contextos, pero que alude al incremento y reducción de algo en particular y de manera alternada, es decir es la variación, alteración o transformación en el valor, cualidad o intensidad de algo. (Concepto Definición, s.f.).

Electromiografía

La electromiografía (EMG) es una técnica de diagnóstico que se utiliza para evaluar la salud de los músculos y las células nerviosas que los controlan (neuronas motoras). Los resultados de la electromiografía pueden revelar una disfunción nerviosa, una disfunción muscular o problemas con la transmisión de señales de nervios a músculos.

Las neuronas motoras transmiten señales eléctricas que hacen que los músculos se contraigan. En la electromiografía se utilizan pequeños dispositivos denominados electrodos para traducir estas señales en gráficos, sonidos o valores numéricos que después interpreta un especialista. (Mayo Clinic, Electromiografía, 2019).

Videogrametría

“Técnica derivada de la fotogrametría que se vale de imágenes de algún objeto tomadas desde varios puntos de vista para realizar una reconstrucción tridimensional. Dicha técnica usa el método transformación lineal directa, mediante la teoría de proyección perspectiva” (Agudelo Mendoza, Briñez Santamaria, Guarín Urrego, Ruiz Restrepo, & Zapata García, 2013).

Dinamometría

“Es una técnica barata, rápida y fácil de realizar que sirve para detectar la pérdida de función muscular fisiológica. Se le puede usar como un indicador de salud general, y del estado nutricional” (Rojas, Vázquez, Valentín, Datta, & Argáez, 2012).

Neurología

“Especialidad médica que estudia la estructura, función y desarrollo del sistema nervioso (central, periférico y autónomo) y muscular en estado normal y patológico.” (EcuRed, s.f.).

Sistema nervioso central

Encargado del procesamiento de la información recopilada por los sentidos y de la toma de acciones conscientes. Lo integran los siguientes órganos:

El encéfalo, su parte más voluminosa, que abarca el cerebro, dividido en sus dos hemisferios; el cerebelo, que integra las funciones motoras y está en la región de la nuca; y el tallo cerebral que conecta la médula espinal al encéfalo, compuesto por mesencéfalo, protuberancia anular y bulbo raquídeo.

La médula espinal, prolongación del encéfalo que va por dentro de los huesos de la columna vertebral y a la que se conectan todas las terminaciones nerviosas del cuerpo. (Raffino, 2019).

Sistema nervioso periférico

El sistema nervioso periférico se compone de nervios, que recorren el cuerpo y se dividen en dos grupos:

Nervios craneales. Son 12 pares de nervios ubicados, como su nombre lo indica, en la cabeza, en donde controlan la información pertinente al rostro, cuello y sentidos principales, conectándolo todo al cerebro.

Nervios espinales. Son 31 pares de nervios que controlan la información del tronco y de las extremidades, conectándose a la médula espinal. (Raffino, 2019).

Ondas

Una onda es una propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio, por ejemplo, densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético, que se propaga a través del espacio transportando energía. El medio perturbado puede ser de naturaleza diversa como aire, agua, un trozo de metal o el vacío. (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2018).

Ondas Beta

Son ondas que se producen cuando el cerebro está despierto e implicado en actividades mentales. Son ondas amplias y las de mayor velocidad de transmisión de las cuatro. Su frecuencia oscila entre 14 y 30-35 Hz (ciclos por segundo o cps).

Denotan una actividad mental intensa. Cuando una persona está dando un discurso, estudiando, realizando un problema de matemáticas, etc. su cerebro se encuentra emitiendo este tipo de ondas. (Universidad de Barcelona, 2017).

Ondas Alfa

Alfa representa un estado de escasa actividad cerebral y relajación. Estas ondas son más lentas y de mayor amplitud que las beta. Su frecuencia oscila entre 8 y 14 cps.

Una persona que ha terminado una tarea y se sienta a descansar, se encuentra a menudo en un estado alfa; así como la persona que está dando un paseo, disfrutando del paisaje. (Universidad de Barcelona, 2017).

Ondas Theta

Son ondas de mayor amplitud y menor frecuencia (entre 4 y 8 cps). Se alcanzan bajo un estado de calma profunda. La persona que está fantaseando (o soñando despierta), se encuentra en este estado, así como la persona que tras conducir un rato, de repente se da cuenta de que no recuerda como ha hecho los últimos kilómetros. Se dice que es un estado de inspiración de ideas y soluciones creativas. Se trata de un estado en el que las tareas realizadas se han automatizado, ya no se necesita tener un control atencional y consciente de su ejecución, pudiendo el sujeto

distanciarse de ellas mentalmente. Es decir, que su mente esté en “otro sitio” (a veces decimos “en la luna”). (Universidad de Barcelona, 2017).

Ondas Delta

Son las ondas de mayor amplitud y menor frecuencia (entre 1,5 y 4 cps). Nunca llegan a cero, pues eso significaría la muerte cerebral. Se generan ante un estado de ‘sueño profundo’.

Cuando nos vamos a dormir, las ondas cerebrales van pasando sucesivamente de beta a alfa, theta y finalmente, delta. Durante el sueño se producen ciclos que duran unos 90 minutos. (Universidad de Barcelona, 2017).

Discapacidad

Término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas, y las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales.

Por consiguiente, la discapacidad es un fenómeno complejo que refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive. (Organización Mundial de la Salud, Discapacidades, 2020).

Polarización

“La polarización de una onda es la figura geométrica determinada por el extremo del vector que representa al campo eléctrico en función del tiempo, en una posición dada.

Para ondas con variación sinusoidal dicha figura es en general una elipse. Hay una serie de casos particulares”. (Universidad Politécnica de Valencia, s.f.).

Inervar

Dicho de un nervio: Alcanzar un órgano o parte del cuerpo. (Real Academia Española, 2020).

Sinapsis

Hace referencia a la existencia de una conexión entre dos neuronas, caracterizada por la presencia de un pequeño espacio que sirve de vía para la transmisión de la información. Cuya función principal de esta conexión es la de permitir la transmisión de la información entre las diferentes neuronas. Se trata pues de un elemento fundamental en el funcionamiento del organismo, posibilitando la realización y coordinación de todos los procesos que permiten realizar las diferentes funciones vitales, así como las capacidades físicas y mentales tanto básicas como superiores. (Castillero, s.f.).

Músculo

Tejido constituido por fibras musculares dotadas de capacidad contráctil. Hay dos tipos de músculos: de fibra estriada y los de fibra lisa, los primeros son los esqueléticos, de contracción voluntaria; los lisos son los que revisten las paredes viscerales y vasos, son de contracción involuntaria. El músculo cardiaco, por su estructura, corresponde a la musculatura estriada (con algunas peculiaridades), pero es involuntario. (Clínica Universidad de Navarra, 2020).

Inteligencia artificial (AI)

Es un área de la informática que hace hincapié en la creación de máquinas inteligentes que funcionan y reaccionan como seres humanos. Algunas de las actividades de máquinas con inteligencia artificial están diseñados para incluir:

Reconocimiento de voz, Aprendizaje, Planificación, Solución de problemas

La inteligencia artificial es una rama de la informática que tiene como objetivo crear máquinas inteligentes. Se ha convertido en una parte esencial de la industria de la tecnología. (Armetrics, 2019).

Proteus

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción. (Proteus, 2015).

Diseño metodológico

La metodología para el desarrollo de este proyecto es cualitativa y de tipo aplicado, se ha determinado la realización por fases, así se llevará una secuencia lógica y se hará un control del mismo de forma detallada.

En la estructuración de esta investigación se pretendió la realización de tres fases, para cumplir con los objetivos propuestos, la primera de ellas se demuestra el diseño esquemático y simulación de un equipo con base a la funcionalidad de un electromiógrafo en el cual se buscaba demostrar e implementar un tipo de tecnología que usa el sistema nervioso periférico y central para iniciar una comunicación con un dispositivo electrónico logrando convertir una señal biológica y programarla para usar un dispositivo externo.

Para la segunda fase se realizó un análisis de viabilidad del sistema desarrollado a nivel económico y médico.

En su tercera y última fase se presentaron dos ejemplos de los posibles avances que pueden surgir con esta tecnología teniendo en cuenta la investigación en fuentes académicas, científicas, revistas indexadas, etc, acerca de la misma tecnología que existían hasta el momento.

Aplicación metodológica

Fase 1

En el desarrollo del diseño del prototipo para el proyecto ‘Ventajas funcionales de la conversión entre señales biológicas y la digitalización de ellas para diferentes usos’ se desarrolló un diseño esquemático que cumpliera la función de un equipo biomédico (electromiógrafo), evidenciado en esta primera fase de la investigación un proceso de adquisición, amplificación, rectificación y suavizado de las señales, por supuesto buscando cumplir con los objetivos propuestos, teniendo como ejemplos exitosos dispositivos tales como el MYO, anteriormente mencionado, que cumple con las necesidades para el trabajo.

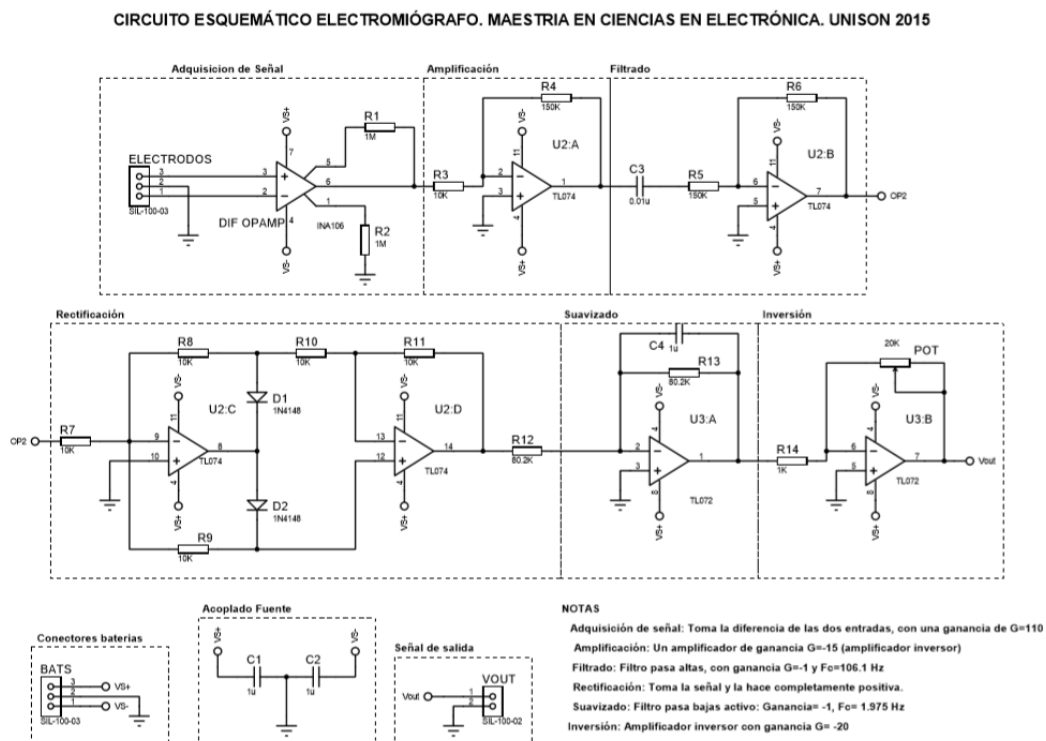


Figura 13 Esquema electrónico EMG (Arizaga, Jorge)

El anterior (Figura 15) es un circuito desarrollado por estudiantes de la Universidad de Sonora, (Hermosillo, México), gracias a que esta información se encuentra pública y visible se logró obtener un pie de apoyo para iniciar este proyecto, con informes bases se hizo un estudio de su circuito electrónico, su funcionalidad duplicando su diseño y validando resultados pero se ha definido unas necesidades objetivas para dar solución al planteamiento del problema de esta investigación.

Bajo el estudio obtenido se validó la funcionalidad y los filtros desarrollados, se halló que el dispositivo electrónico creado funciona siempre y cuando cumpla una lectura en músculos como el bíceps o tríceps. Técnicamente requiere músculos de proporciones amplias, mientras que el objetivo de este proyecto se enfoca en un equipo más ergonómico.

Durante el diseño esquemático se usó la herramienta Proteus para diseñar a prueba y error los valores que se obtendrían, ya que los músculos a detectar serían los músculos: pronador redondo, flexor radial del carpo (palmar mayor), palmar largo (palmar menor), flexor cubital del carpo (cubital anterior), flexor superficial de los dedos, flexor profundo de los dedos, flexor largo del pulgar

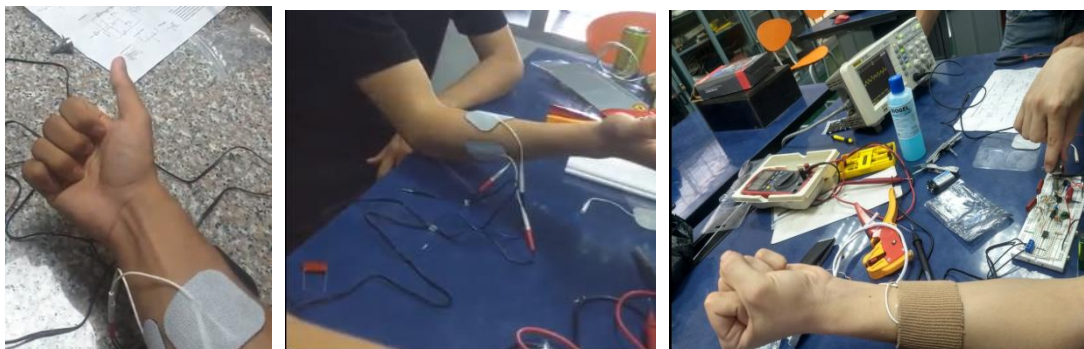


Figura 14 Adquisición de señal. Prueba de funcionamiento (Realización propia).

Se eligió trabajar con el antebrazo para que el dispositivo generado pueda ser usado como una manija o un reloj y que la comunicación con los dispositivos electrónicos

externos sea lo menos notoria posible, como por ejemplo la prótesis. Esta se puede adaptar a diferentes tipos de personas ya que todos no tienen las mismas medidas antropométricas pero sí el mismo sistema nervioso, es modificable a cualquier área, uno de los principales conflictos con este esquema electrónico es que no se obtiene señal suficiente como para digitalizarla y luego programarla.

Para ajustar a las necesidades del sujeto, viendo esto, se decidió empezar a trabajar sobre el mismo a lo que se obtuvo el siguiente circuito (Figura 17), aunque no estaba perfecto puesto que aún se necesitaba más precisión en la lectura y obtener una señal más limpia.

Circuito etapas finales:

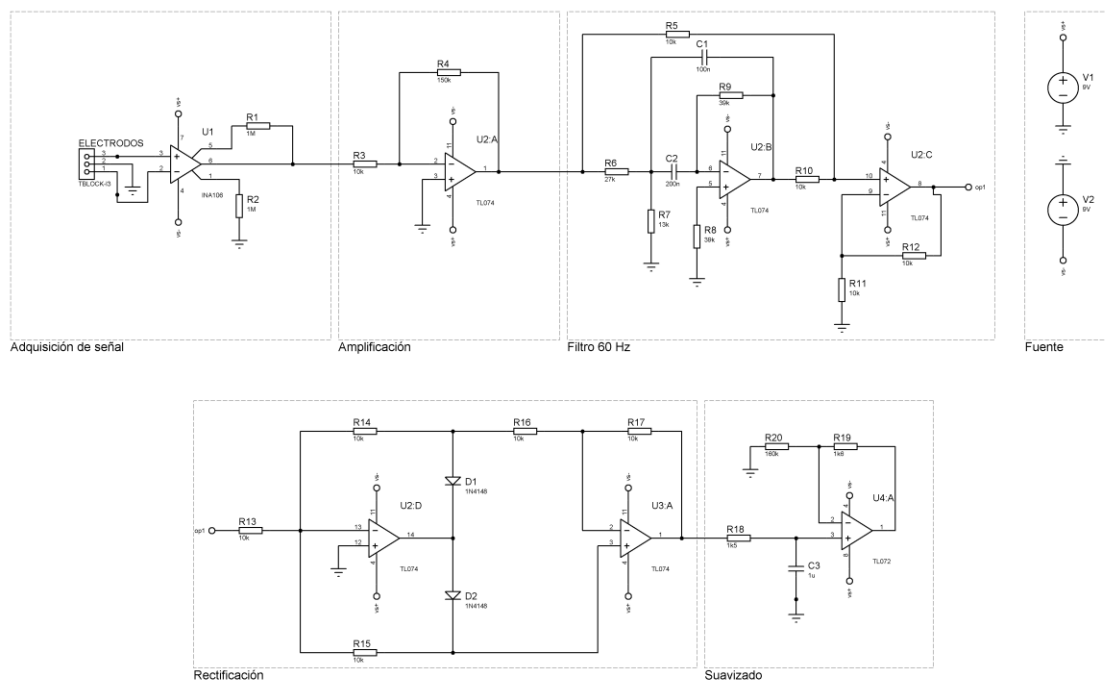


Figura 17 Esquema electrónico EMG realizado (Realización propia).

Como se puede observar se han rescatado algunos puntos del circuito inicial como la adquisición, esto porque al realizar pruebas se pudo determinar que era posible trabajar con él ya que se obtienen resultados favorables. Se le realizó, además, modificaciones como: agregar un filtro de 60 HZ con el fin de limpiar la señal, este circuito es una buena señal para llenar las inquietudes del funcionamiento de la prótesis con EMG, en el momento se llevaron a cabo varias pruebas para resolver los problemas que se tienen con el circuito base, ya que no satisfacía las necesidades para el trabajo y la ubicación en la prótesis, que se deseaba realizar.

Se evidenció que el circuito tiene unas fases con el fin de adquirir la señal, limpiarla, suavizarla etc. Estas eran necesarias para poder hacer que la combinación entre la parte electrónica y la parte mecánica del proyecto fuesen estables y que tuvieran el mejor desempeño para poder proyectar esto a mejoras mientras se llevaban a cabo pruebas y se determinaba qué es lo mejor.

Este es un proceso que aún está siendo llevado a cabo puesto que la EMG, es un área que al ser explorada solo tiene enfoque médico y no tiene una utilidad más amplia a nivel industrial-social por su simplificación de aplicación y no se tienen claro ni especificado cómo y cuáles son los métodos idóneos para realizar una manilla o un dispositivo que sea fácil y rápido de construir, que ofrezca resultados óptimos y que sea fácil de adquirir, también es un área interesante, al desarrollar un dispositivo funcional se puede abrir un mundo de oportunidades más allá de su enfoque actual.

En específico el diseño se compone de diferentes fases que se requieren para el desarrollo del proyecto están constituidas por:

Adquisición: Se trabajó con los electrodos base los cuales permitieron medir las señales eléctricas producidas por el musculo, principalmente se convertía la corriente iónica que se producía por la distribución de potencial que se daba al realizar un movimiento, en este caso el movimiento agónico y antagónico, estos mismos tomaban estas

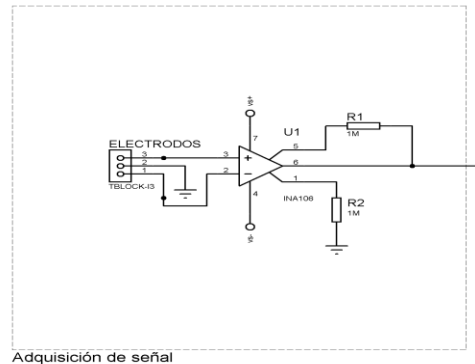


Figura 15 Adquisición de señal (Realización propia).

señales y las transformaron en corrientes electrónicas, dado que era una señal muy baja para digitalizar o ver con claridad con un osciloscopio, empezó un proceso de amplificación que se dio gracias a un amplificador operacional diferencial, INA106.

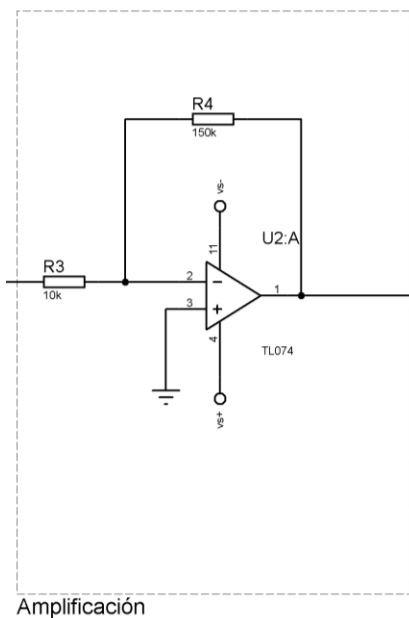


Figura 16 Amplificación de señal (Realización propia).

por la resistencia de entrada con la resistencia 2, es decir si la resistencia inicial era de 1k y la R2 era de 10k la ganancia sería de 10.

Amplificación: La señal fue amplificada en la primera etapa, pero aún se requería amplificar aún más la misma, puesto que el cuerpo humano genera un voltaje por señal de entre 10 y 110 milivoltios y no se podría trabajar con una señal tan baja, por tal motivo entró en aplicación esta etapa a través de un amplificador inversor para lo cual se utilizó un TL074.

Su funcionamiento era sencillo, este era un amplificador inversor, que la señal de entrada iba a ser desfasada en 180°, su amplificación iba a ser determinada

Muestra de ello es el siguiente ejemplo realizado en Proteus:

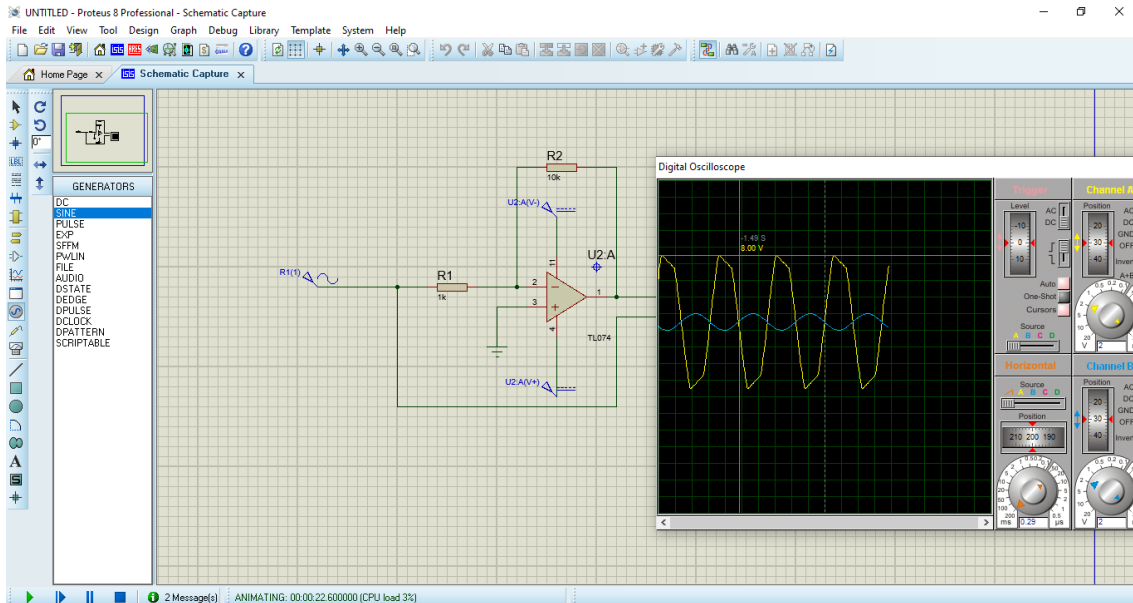


Figura 20 Esquema de Proteus (Realización propia).

Se puede visualizar la señal desfasada a 180° y que fue amplificada, no se ven claros los picos de la señal, esto se debía a que estaba siendo alimentada a 9 v, es decir, estaba por debajo a la ganancia que se estaba dando.

Se utilizó un filtro 60 Hz con la finalidad de eliminar las señales que interferían con el circuito y provocaba que no se pudiera ver la señal en el momento de identificar los movimientos en el osciloscopio, estas señales eran generadas por lámparas fluorescentes y

otros dispositivos, las cuales eran necesarias de identificar para lograr avanzar en el diseño del circuito.

Para este circuito se utilizó un filtro rechaza banda a 60hz y con una ganancia de 1, no inversor para mantener la señal con el desfase de 180° . Siendo así, podemos ver la

simulación de este circuito en Proteus: el filtro rechaza la banda MFB no inversor fo de 60 Hz, factor común de Q de 1 y una ganancia de 1.

Prueba 1: Filtro a 60Hz.

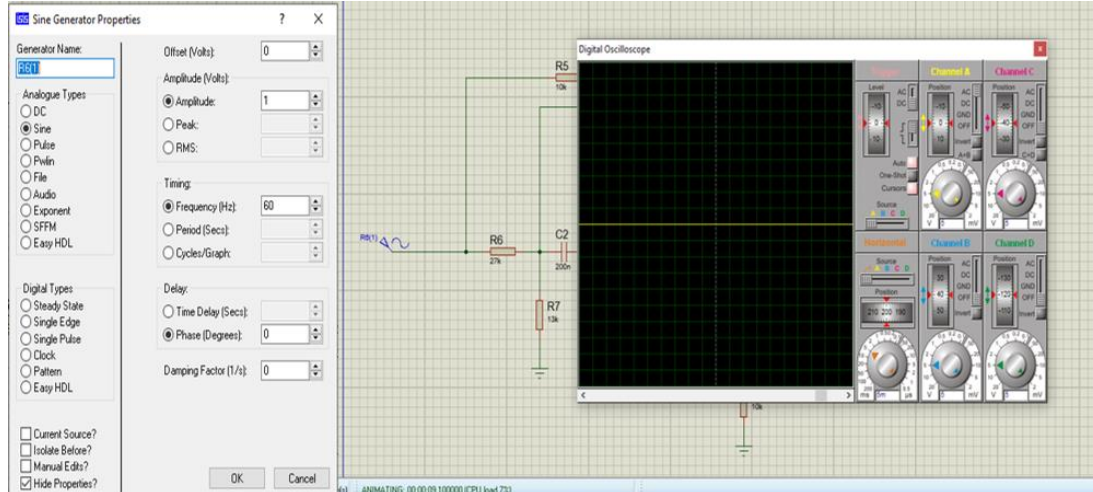


Figura 22 Prueba 1: Filtro a 60Hz (Realización propia).

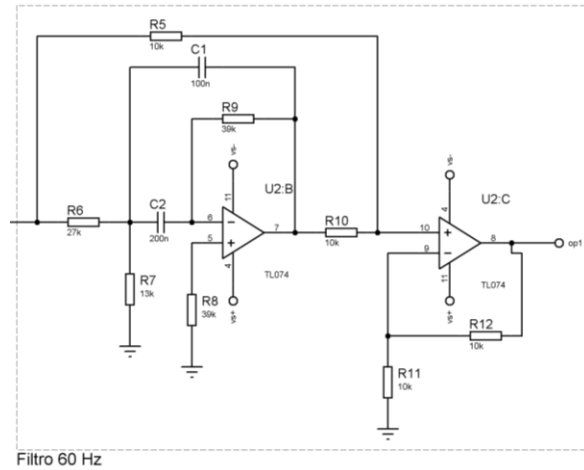


Figura 17 Filtro 60Hz (Realización propia).

Prueba 2: Filtro a 120Hz.

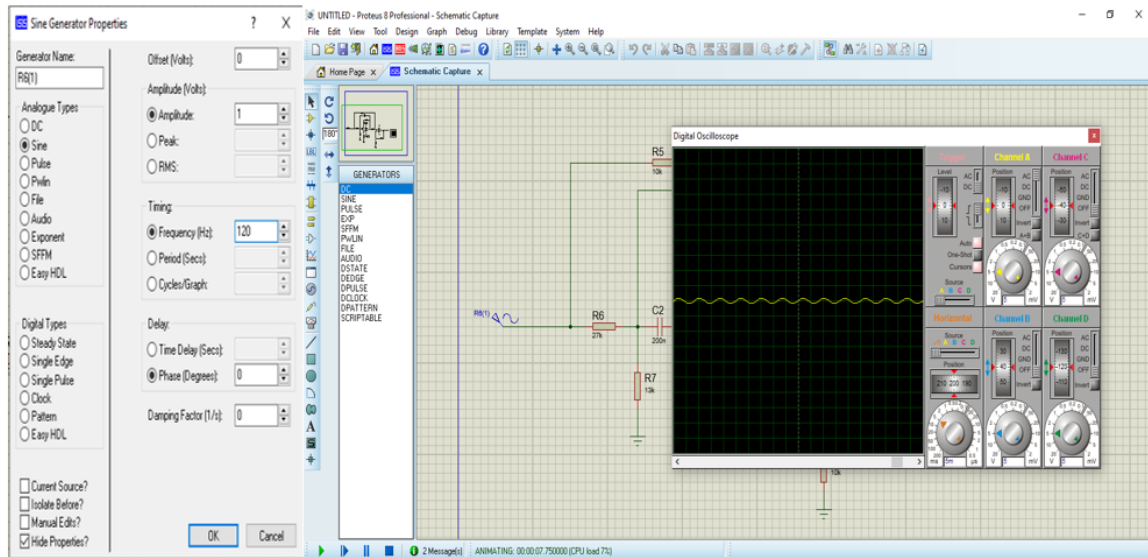


Figura 23 Prueba 2: Filtro a 120Hz (Realización propia).

Rectificado: Se había ya invertido la señal y para poder trabajar con Arduino, que es la plataforma que se pretendía usar, solo se admitían niveles positivos para poder programar la señal recaudada.

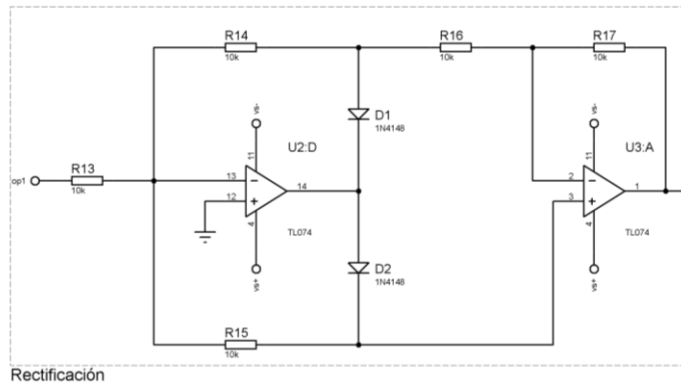


Figura 18 Rectificado (Realización propia).

Suavizado: Para este punto era complicado realizar la conversión de la señal con el programa, puesto que se necesitaba de una señal más clara y limpia, se implementó

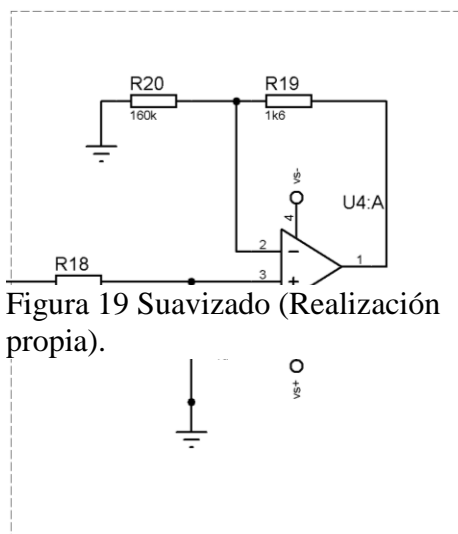


Figura 19 Suavizado (Realización propia).

Suavizado

entonces un filtro pasa bajos activo, el cual permitió que las señales de baja frecuencia pasaran y atenuaran las señales de altas.

Este era un filtro básico que nos facilitó la lectura, puesto que las señales con frecuencias altas son difíciles de leer y programar, es un filtro sencillo y demostramos su funcionamiento con la siguiente figura en Proteus.

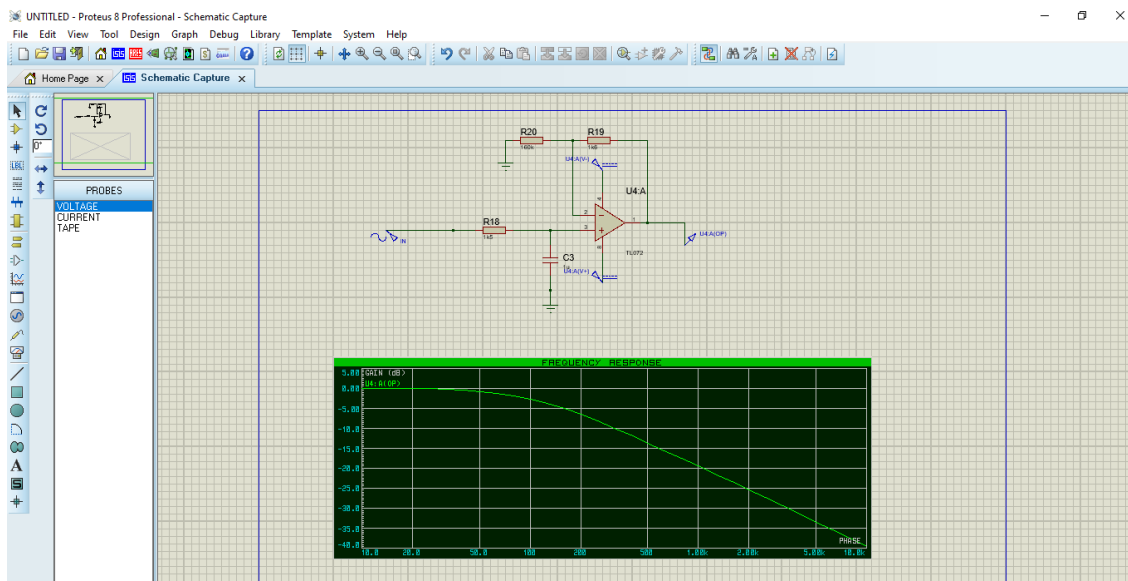


Figura 26 Filtro suavizado en Proteus (Realización propia).

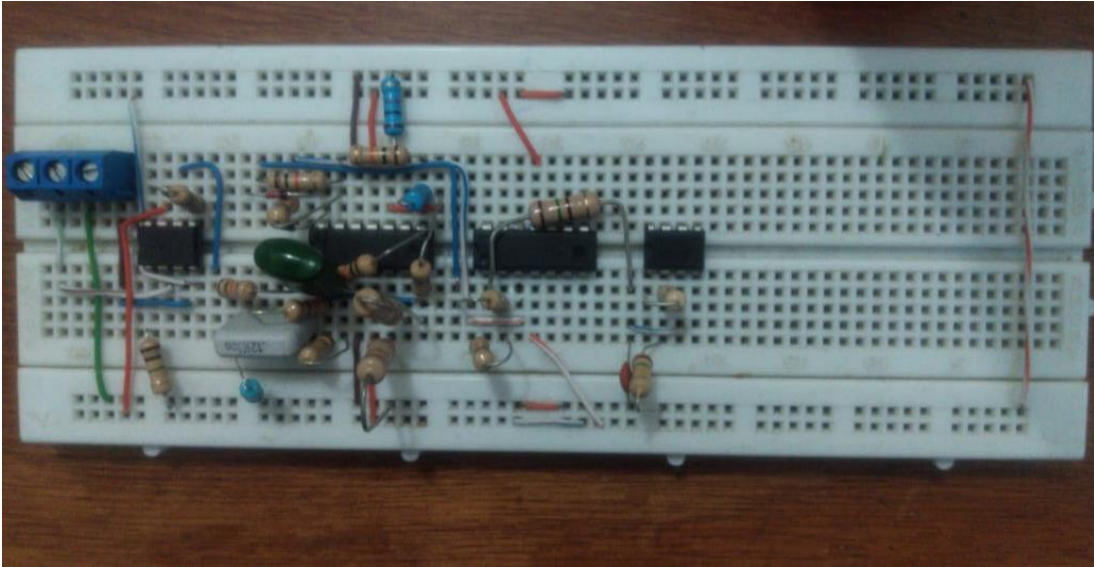


Figura 27 Circuito montado en protoboard. (Realización propia).

Se realizaron pruebas muy satisfactorias con el circuito (Figura 27), aunque aún se necesitaba mayor precisión puesto que la señal en algunas ocasiones se perdía o tenía mucho ruido, era probable que faltaran algunas modificaciones, sin embargo, se concluyó que esta operación funciona con instrumentación económica.

Fase 2

Dentro de la fase 2 nos concentramos a desarrollar un análisis de viabilidad del sistema propuesto a nivel económico y funcional, por lo siguiente se realiza dos tablas donde se muestra los valores de cada elemento u/o componente electrónico necesarios para tangibilizar el diseño que se propone dentro del proyecto, frente al sistema ya acoplado y ofrecido al público que denominamos MYO de la empresa Thalmic Labs que cumple con las funcionalidades y características mínimas para cumplir el objetivo principal, sin embargo validando la información obtenida de los dos sistemas mencionados podemos

resaltar las siguientes observaciones: por lo anterior vamos a definir al sistema propuesto como sistema A y el sistema que podemos encontrar en el mercado llamado MYO como sistema B

Por lo siguiente podemos afirmar que el dispositivo a construir (sistema A) se puede construir con componentes de electrónica de uso general que se adquieren en cualquier tienda de electrónica local y el valor aproximado se puede reflejar en la Tabla 1, el sistema B solo se puede obtener en tiendas especializadas de electrónica que en su mayoría son de registro internacional y estas toman determinado tiempo

En funcionalidad se puede destacar el sistema A ya que al tener un costo mínimo viable este puede reconstruirse o mejorar los filtros propuestos en el diseño de esta investigación para que este tenga un mejor rango de funcionalidad como mayor adquisición o precisión, sin afectar o alzar los costos propuestos en la tablas mencionadas. (Tabla 1 y 2) por lo tanto las funciones a desempeñar pueden ser iguales al sistema B o como se menciona anteriormente gracias al costo viable puede tener mayor estructuración a nivel electrónico y software. Para que cumpla o tengas más funciones a desempeñar.

Mientras que el sistema B, solo nos permite detectar unos pocos gestos dictados por la mano/antebrazo son tipos de gestos como hacer un puño, giro de muñeca, abrir mano, o la posición espacial del brazo, que son considerados movimientos sutiles. Pero detallando esta la cantidad está limitada a cinco funciones reprogramables.

Con los valores económicos podemos afirmar que con el sistema A. logramos reducir el costo casi en un 75% en comparación al sistema B. los cuales son muy significativos ya que el sistema B nos representaría un sobre costo

Los valores diferenciales se pueden observar con las tablas 1 y 2,

Tabla 1 Materiales implementados para la investigación (Realización propia).

COMPONENTES SISTEMA (A)	PRECIO	CANTIDAD
OPA2234P	18.600	2
INA128P	48.000	2
Kit de resistencias	10.000	2
Kit de capacitores	123.000	1
Capacitor 22 pf	200	2
Capacitor 100 nf	1.300	5
Capacitor 1.0 uf	100	1
Capacitor 200 nf	300	1
Capacitor 220 nf	300	1
Alambre aislante 0.5mm x 1m	900	3
Protoboard	12.700	1
Baquela	4.500	1
Cautín	10.700	1
Pasta para soldar	1.200	1

Saldadura 1 metro	1.200	1
Electrodos y cable	31.500	1
Cambio de componentes o fallos	50.000	NA
TOTAL	314.500	NA

Tabla 2 Materiales MYO thalamic labs (Realización propia).

COMPONENTES SISTEMA (B)	PRECIO	CANTIDAD
Myo Thalamic Labs	1.180.000	1

Fase 3

Para esta última fase brindaremos ejemplos sobre importancia de la aplicación de proyectos como este con el fin de complementar con los objetivos propuestos para esta investigación aplicada. La población en Colombia a 2015 con condición de discapacidad que afecte el movimiento del cuerpo (manos, brazos, piernas) es de 394.404 personas, lo que equivale al 0.33,5% de la población afectada en el país; así mismo es la segunda causa que genera limitación en la población económicamente activa (Personas entre 20 a 59 años) con un impacto de 156.602.

Actualmente en Colombia, se han desarrollado diferentes tipos de prótesis para poder mejorar la calidad de vida de las personas que presentan condición de discapacidad que afectan el movimiento del cuerpo, específicamente la mano, algunas de ellas son:

Síntesis de un mecanismo espacial para mano antropomórfica bidigital, prototipo de pinza y rotador o gancho, para prótesis mioeléctrica, estas son prótesis para personas amputadas de mano y muñeca. Cabe destacar que las prótesis desarrolladas en su gran mayoría solo aportan estética, pero su grado de funcionalidad es limitado. Como podemos observar en la siguiente figura:



Figura 20 Prótesis de gancho (Medical Expo).



Figura 21 Prótesis estéticas (Revista INGENIUS).



Figura 22 Prótesis mioeléctrica (#DeporteMental).

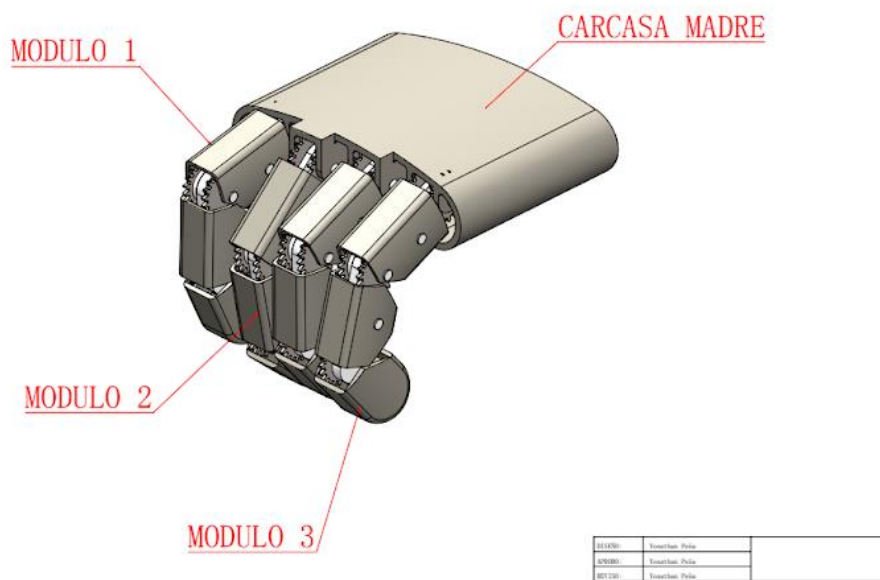


Figura 31 Mecanismo epicicloidal con EMG (Realización propia).

Por lo anterior brindamos un mecanismo diseñado donde se mostraba una funcionalidad completa en grados, fuerza y precisión. Con este diseño logramos incluir la tecnología planteada, es decir, un dispositivo mecánico epicicloidal o planetario y con el mismo uso de la electromiografía, para brindar una función protésica y solventar la necesidad de movimiento de una persona con discapacidad por amputación de mano – antebrazo; mecanismos con el propósito de simular la funcionalidad de una mano, que le permitiese recuperar su autonomía y a su vez incorporarse de nuevo a la sociedad, sin mayores traumatismos.

Ya que el mecanismo estaba diseñado con un sistema mecánico interno que se acopla y simula los movimientos en grados de cada falange de la mano, distal, media, metacarpo falangiano, permitió aumentar la precisión de toque y fuerza de agarre. Este

sistema era activado gracias a la electromiografía donde se independizaba cada movimiento que trabajado en conjunto creaba una prótesis con similitud a la mano humana.

Contando con tecnologías actuales logramos concluir que combinando este tipo de diseño con algún producto a servicio humano/social puede traer ventajas. Con anterioridad se recalcó el uso de un sistema que sintetice una voz virtual para ayudar a personas sordo mudas, a continuación se explicará los principios funcionales de un sistema desarrollado con ese objetivo como segundo ejemplo.

Definimos primero la necesidad del desarrollo de un proyecto con estas características: Según la OMS se realizó un sondeo donde se calcula que a nivel global existen alrededor 360 millones de personas que padecen de pérdida auditiva, donde la mayoría son adultos, 328 millones de adultos y 32 millones como menores de edad, eso es equivalente al 5% de la población mundial y para solventar esta situación se crean espacios especialmente diseñado. (Organización Mundial de la Salud, Sordera y pérdida de la audición, 2019).

Sin embargo, se pone en consideración lo siguiente: Si una persona presta servicio social en un centro de lengua de señas (Lengua que una persona sordo - muda generalmente usa para comunicarse) y requiere compartir e interactuar con diferentes personas que padecen esta discapacidad sin importar la dificultad que puede presentarse al comunicarse como el desconocimiento de esta lengua. Pasado el tiempo y se genera un reencuentro casual y ya no recuerda la lengua de señas, siquiera aun lo aprendido durante el tiempo de interacción posterior, no quedará más que implementar un saludo formal y sin preámbulos

un despido. Finalizando una conversación de solo gestos donde accionan un hola y un adiós.

De allí a que ahondara en el campo de la bipolarización, con que se puede crear una posible solución usando la tecnología actual, cambiando así los resultados de una situación hipotética como la mencionada y aún mejor, aportar a la facilidad de expresión de la persona discapacitada.

Al hablar de bipolarización muscular se ha definido que dicha bipolarización se acciona por un proceso electroquímico donde inicia por nuestras unidades sensoriales interviene el cerebro y ejecuta involucrando los músculos finales que desea usar correspondiendo a la necesidad de acción.

Por ejemplo, cuando una persona sordo-muda intenta decir 'hola' ejecuta unas acciones con las manos que describen letra por letra mostrando un abecedario diseñado para ser visualizado y comprendido por gestos.

Comprendiendo esto podemos aclarar que cada letra ejecuta una acción diferente y cada acción tiene su propia frecuencia única que es recepcionada gracias a una manilla electrónica que funciona como un electromiógrafo, esta envía la información a una base de datos que se contiene en una aplicación instalada en el teléfono móvil del usuario.

La solicitud ingresa a la base de datos donde se encuentre el resto de frecuencias que interpretan cada acción, la programación base interactúa con la red neuronal identificando la acción por letra y en cuestión de segundos se identifica la frecuencia y se revisa a qué letra pertenece logrando así interpretar el gesto.

Teniendo en esencia en tiempo real un intérprete automático que muestra con un sintetizador de voz las letras que ejecuta con cada acción generando palabras, permitiendo el usuario que padece de esta discapacidad comunicarse con una persona que no la padece y que desconozca este lenguaje. A continuación, el esquema de dicho sistema:

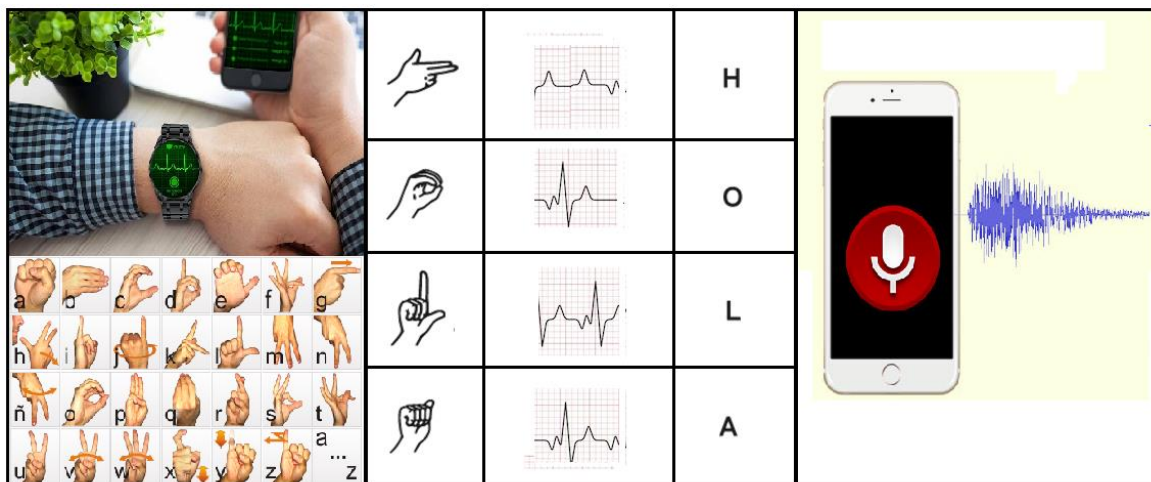
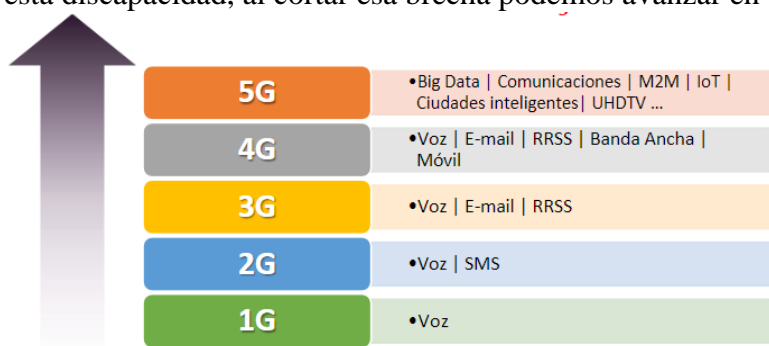


Figura 32 Esquema de voz artificial (Realización propia).

Este sistema en desarrollo se destaca por su inclusión social, ya que finiquita el problema de comunicación de las personas sordo - mudas con las personas que no sufren esta discapacidad, al cortar esa brecha podemos avanzar en un ámbito social.



Cabe resaltar, que cada avance que se presenta es dependiente de algunas variables y una importante es la velocidad

de transferencia de datos, pero esta ya se encuentra solventada ya que entramos a la generación 5G, que brinda “velocidades de conexión a internet con máximos de hasta 20

Gbps en bajada y 10Gbps en subida, reduciendo tiempos de descarga hasta en un 80%”.

(MinTIC, 2019).

Figura 23 Evolución tecnológica servicios móviles (MinTIC).

Conclusiones

El resultado fue óptimo gracias a la comprensión que se obtuvo en el desarrollo de este trabajo como se demuestra por medio de diferentes investigaciones relacionadas que abordan variados campos profesionales empezando con la medicina que trata y trabaja la neurología, la fisiología, reumatología, ortopedia, neurofisiología, cardiovasculares y se complementa con ingenierías tales como la ingeniería biomédica, mecánica, de sistemas, electrónica, pero enfocándolo particularmente en la ingeniería de telecomunicaciones.

Como su nombre lo dice la telecomunicación está encargada de permitir la comunicación a distancia por medios eléctricos o electromagnéticos, esta permitió que un sistema biológico eléctrico (cuerpo humano) lograra comunicarse con un sistema digital electromagnético (computadora) consiguiendo abrir las posibilidades de uso y unificando en pleno siglo 21 aún más al hombre con la máquina y disminuyendo la idea de que somos diferentes.

Se permitió ratificar y evaluar el sistema EMG que se usa en el campo biomédico con el equipo electromiógrafo diseñado, ya que al construirlo se comprendió que este se puede estructurar con diferentes componentes electrónicos de fácil adquisición, además, se logra concluir que el diseño esquemático del circuito propuesto nos permite garantizar la detección de una señal que inicia en nuestro propio sistema nervioso y que podría usarse para que tenga como finalidad el desarrollo de cualquier aplicación tecnológica de innovación.

Esta clase de tecnologías de innovación no tiene sobrecostos ni problemas por estructurarlas, ya que dichas herramientas que se requieren para habilitar o crearlas son accesibles y solo se necesita conocimientos en electrónica y no necesariamente avanzados

Se confirma el uso habitual que se le brinda en la actualidad a las EMG, la búsqueda de irregularidades anatómicas, enfocado solo en la biomédica, sin embargo, esta herramienta en el futuro puede albergar mucha importancia porque la implementación y el uso de esta clase de tecnología tiene posibilidades de hacernos avanzar en el campo de las telecomunicaciones y demás.

Dando por comprendido la aplicación y funcionamiento de esta tecnología se afirma que las nuevas generaciones TICs que se presentarán en los próximos años pueden desarrollarse de una mejor manera si se interviene en nuestro cuerpo como un medio directo, para comunicarse con el mundo digital

Las tecnologías planteadas existen y actualmente se puede hacer la mayoría de acciones y temas planteados en esta investigación pero se es necesario un medio físico llamado hardware externo, el cual es eficiente pero no brinda las potenciales herramientas y mejoras que lograría ofrecer la tecnología propuesta hacia el campo de las telecomunicaciones, biotecnología y sus aplicaciones en otras áreas de conocimiento.

Se espera más adelante, con este proyecto impactar positivamente la sociedad, ya que se busca desarrollar o complementar más las tecnologías que benefician a la sociedad como las comunicaciones entre dos usuarios, el uso de mecanismos protésicos o sintetizadores de voz, permitiendo contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las

personas que por diferentes circunstancias han tenido limitaciones físicas, psicológicas o emocionales.

Para la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, este proyecto le permite incursionar en el campo de la investigación en biomedicina, diseño industrial y telecomunicaciones, así mismo generar nuevo conocimiento en estas disciplinas y poder impactar la sociedad.

Finalmente, con el desarrollo de este trabajo de investigación y el uso de diferentes bibliografías de donde se adquirió la información que complementa este trabajo teórico aplicado, se espera lograr aportar y complementar las tecnologías brindadas en la actualidad después de haber propuesto un desarrollo tecnológico interdisciplinar y fácil aplicación práctica a partir del desarrollo teórico mencionado a lo largo de este documento y los acercamientos evidenciados.

Lista de referencias

- Agudelo Mendoza, A. I., Briñez Santamaria, T. J., Guarín Urrego, V., Ruiz Restrepo, J. P., & Zapata García, M. C. (2013). Marcha: descripción, métodos, herramientas herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura. *Revista CES. Movimiento y Salud*, 1(1), 29 - 43. Obtenido de <http://revistas.ces.edu.co/index.php/movimientosalud/issue/view/188>
- Arimetrics. (2019). *IA - Inteligencia Artificial*. Obtenido de Arimetrics: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/ia>
- Arizaga, J. (7 de diciembre de 2015). *Arduino EMG - Electromiografo*. Obtenido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=Ma9BcuWLI04&feature=youtu.be>
- Atria Innovation. (22 de octubre de 2019). *Qué son las redes neuronales y sus funciones*. Obtenido de Atria Innovation: <https://www.atriainnovation.com/que-son-las-redes-neuronales-y-sus-funciones/>
- Back Yard Brains. (2017). *Experimento: Usando señales EMG para controlar extremidades artificiales (Beta2)*. Obtenido de Experimento: Usando señales EMG para controlar extremidades artificiales (Beta2): backyardbrains.cl/experiments/RobotHand
- Brito, J., Quinde, M., Cusco, D., & Calle, J. (2013). Estudio del estado del arte de las prótesis de mano. *INGENIUS - Revista de Ciencia y Tecnología*, 57 - 64. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/312081540_Estudio_del_estado_del_arte_de_las_protesis_de_mano
- Castillero, O. (s.f.). *Sinapsis: qué son, tipos y funciones*. Recuperado el 01 de 02 de 2020, de Psicología y Mente: <https://psicologiyamente.com/neurociencias/sinapsis>
- Clínica Universidad de Navarra. (2020). *Músculo*. Obtenido de Clínica Universidad de Navarra: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/musculo>
- Concepto Definición. (s.f.). *Fluctuación*. Obtenido de Concepto Definición: <https://conceptodefinicion.de/fluctuacion/>
- Deporte Mental. (2015). *La mano biónica más realista del mundo transformará la vida de muchos*. Obtenido de #DeporteMental: <http://deportemental.com/la-mano-bionica-mas-realista-del-mundo-transformara-la-vida-de-muchos/>

EADICICCO, L. (20 de Enero de 2016). *This Futuristic Armband Lets You Control Your Computer Like Magic*. Obtenido de TIME: <https://time.com/4173507/myo-armband-review/>

EcuRed. (s.f.). *Neurología*. Obtenido de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Neurolog%C3%ADa>

Equipos y Laboratorio de Colombia. (2018). *Onda física*. Obtenido de Equipos y Laboratorio de Colombia: https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=3051

Expo, M. (s.f.). *Prótesis de mano pinzas ganchos*. Obtenido de Medical Expo: <https://www.medicalexpo.es/fabricante-medical/protesis-mano-pinza-gancho-42925.html>

Flores, S., Jimenez, A. J., Castellanos, W., Alger, J., Zuñiga, L., Gonzales, M., . . . Sierra, M. (2015). Prevalencia de discapacidad y sus características en población de 18 a 65 años de edad, Honduras, Centro América, 2013 - 2014. *REV MED HONDUR*, 83, 1 - 17.

Flores, S., Rápalo, S., & Zúñiga, L. (2015). *Introducción a la Discapacidad y Clasificación Internacional CIF a Médicos del Servicio Social 2014 - 2015*. Honduras: UICFCM.

Herrera, E. (2004). *Introducción a las telecomunicaciones modernas*. Ciudad de México: Limusa Noriega Editores.

López Larraz, E., Martínez Mozos, O., Antelis Ortiz, J., Damborenea Tajada, J., & Mínguez Zafra, J. (2009). Diseño de un sistema de reconocimiento del habla mediante electromiografía. *Actas del XXVII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica*, (págs. 601 - 604). Zaragoza.

Martinez, E. (15 de octubre de 2014). *¿Qué son las telecomunicaciones?* Obtenido de Eveliux: <http://www.eveliux.com/mx/%C2%BFque-son-las-telecomunicaciones.html>

Mayo Clinic. (29 de abril de 2014). *Fibromialgia juvenil*. Obtenido de Mayo Clinic: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/juvenile-fibromyalgia/symptoms-causes/syc-20374053>

Mayo Clinic. (21 de mayo de 2019). *Electromiografía*. Obtenido de Mayo Clinic: <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/emg/about/pac-20393913>

MinTIC. (2019). Plan 5G. Colombia. Obtenido de https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-101369_plan_5g_v20190626.pdf

- Muñoz Gil, C. (30 de julio de 2016). *Electromiograma*. Obtenido de Salud - Canales Mapfre: <https://www.salud.mapfre.es/pruebas-diagnosticas/neurologicas-pruebas-diagnosticas/electromiograma/>
- NIH, N. I. (3 de octubre de 2017). *Las epilepsias y las crisis: Esperanza en la investigación*. Obtenido de National Institute of Neurological Disorders and Stroke - NIH: https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/crisis_epilepticas.htm
- Organización Mundial de la Salud. (15 de marzo de 2019). *Sordera y pérdida de la audición*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Discapacidades*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/topics/disabilities/es/>
- Proteus, H. (2015). *¿Qué es proteus?* Obtenido de Hubor Proteus: <http://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>
- Pulido, P. (14 de 11 de 2019). *Elon Musk asegura que curará la esquizofrenia con Neuralink, su chip cerebral de IA*. Obtenido de Código Espaguetti: <https://codigoespaguetti.com/noticias/cultura/elon-musk-curar-esquizofrenia-neuralink/>
- Raffino, M. E. (4 de diciembre de 2019). *Sistema Nervioso*. Obtenido de concepto.de: <https://concepto.de/sistema-nervioso/#ixzz6BQUgPGCQ>
- Real Academia Española. (2020). *Inervar*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/inervar>
- Robot Shop. (s.f.). *Brazalete de Control por Gestos Myo - Negro*. Obtenido de Robot Shop: <https://www.robotshop.com/es/es/brazalete-control-por-gestos-myo-negro.html>
- Roca, J. (s.f.). *¿Qué son las telecomunicaciones?* Obtenido de InformeTicfacil: <https://www.informeticplus.com/que-son-las-telecomunicaciones>
- Rojas, J. A., Vázquez, L. d., Valentín, G., Datta, S., & Argáez, J. (2012). Dinamometría de manos en estudiantes de Merida, México. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3), 45 - 51. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v39n3/art07.pdf>
- Romo, H., Realpe, J., & Jojoa, P. (2007). Análisis de Señales EMG Superficiales y su Aplicación en Control de Prótesis de Mano. *Revista Avances en Sistemas e Informática - Redalyc*, 4(1), 127 - 136.

Rouse, M. (octubre de 2018). *Inteligencia artificial, o AI*. Obtenido de Search Data Center en Español: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Inteligencia-artificial-o-AI>

Saceda Corralo, D. (21 de mayo de 2018). *Webconsultas*. Obtenido de Electromiograma: <https://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/electromiograma-12209>

SmartWatchSpace. (20 de enero de 2020). *8 Best Smartwatches with Built in ECG Sensors*. Obtenido de SmartWatchSpace: <https://smartwatchspace.com/8-best-ecg-smartwatches>

Universidad de Barcelona. (abril de 2017). *Psicología de la percepción visual*. Obtenido de 0.4 Las ondas cerebrales: <http://www.ub.edu/pa1/node/130>

Universidad Politécnica de Valencia. (s.f.). *Polarización*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: http://www.upv.es/antenas/Tema_1/polarizacion.htm

Villa, A., Gutiérrez, E., & Pérez, J. (2008). Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría , electromiografía y dinamometría. *Revista Ingeniería Biomédica*.