



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO DEL COSTO BENEFICIO DE TÉCNICAS DE MEDICIÓN Y CONTROL
DE SEÑALES BIOLÓGICAS QUE PERMITAN AUTONOMÍA EN EL
MOVIMIENTO DE UNA PRÓTESIS PARA UNA EXTREMIDAD SUPERIOR**

AUTOR:

Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro

TUTOR:

Ing. Msc. Hidalgo Oñate Ángel Guillermo

LATACUNGA- ECUADOR

Julio 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“ESTUDIO DEL COSTO BENEFICIO DE TÉCNICAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE SEÑALES BIOLÓGICAS QUE PERMITAN AUTONOMÍA EN EL MOVIMIENTO DE UNA PRÓTESIS PARA UNA EXTREMIDAD SUPERIOR”**, siendo el Ing. Msc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro
C.I. 180458985-9



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título **“ESTUDIO DEL COSTO BENEFICIO DE TÉCNICAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE SEÑALES BIOLÓGICAS QUE PERMITAN AUTONOMÍA EN EL MOVIMIENTO DE UNA PRÓTESIS PARA UNA EXTREMIDAD SUPERIOR”**, de **Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro** de la carrera **Ingeniería Industrial**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio del 2019

Ing. Msc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

050325740-4




APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

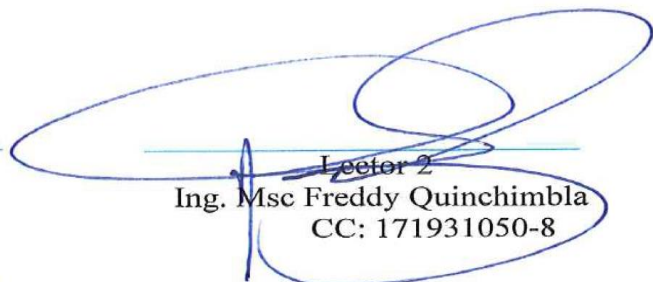
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS por cuanto, el postulante Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro con el título de Proyecto de titulación **“ESTUDIO DEL COSTO BENEFICIO DE TÉCNICAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE SEÑALES BIOLÓGICAS QUE PERMITAN AUTONOMÍA EN EL MOVIMIENTO DE UNA PRÓTESIS PARA UNA EXTREMIDAD SUPERIOR”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.


Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio del 2019

Para constancia firman:


Lector 1 (Presidente)
Ing. Msc Benjamín Chávez
CC: 171676037-4


Lector 2
Ing. Msc Freddy Quinchimbla
CC: 171931050-8


Lector 3
Ing. Msc Cristian Eugenio
CC: 172372747-3



CARTA AVAL

De mi consideración:

Yo, Jorge David Freire Samaniego con número de cedula N. 050262481-0, **Coordinador del proyecto de Investigación Formativo**, con el tema “Antropometría de extremidades superiores para prótesis animatrónicas”, que se está realizando en la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que el señor **Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro** con número de cedula N. 180458985-9, realizó las actividades de investigación del proyecto denominado: **“ESTUDIO DEL COSTO BENEFICIO DE TÉCNICAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE SEÑALES BIOLÓGICAS QUE PERMITAN AUTONOMÍA EN EL MOVIMIENTO DE UNA PRÓTESIS PARA UNA EXTREMIDAD SUPERIOR”**, para el avance del proyecto formativo en la institución.

Atentamente

Ing. Msc Jorge David Freire Samaniego
Coordinador del Proyecto de Investigación

C.I: 050262481-0

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida, la sabiduría necesaria y permitir llegar al lugar que hoy me encuentro.

A mi madre por su esfuerzo, sacrificio, consejos, guiándome por el camino del bien y ser el apoyo incondicional en mi vida diaria.

A los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme los conocimientos técnicos y prácticos durante la etapa de formación profesional.

A mi tutor de tesis, el Ing. Ángel Hidalgo por el tiempo, orientación y asesoramiento en el desarrollo del proyecto.

A todas las personas que fueron participe de una u otra manera un dios le pague.

Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado primero a Dios que sin el nada nada es posible, gracias por la sabiduría que impuso en mi para culminar con un objetivo en mi vida.

A mi madre Martha Toapanta por ser un ejemplo de esfuerzo y perseverancia.

También se lo dedico a dos de las personas más importantes en mi vida, **Ariel** mi hijo y **Mayra** mujer comprensible, ayuda idónea que Dios puso en mi camino, quienes fueron y son el motor de inspiración para triunfar en la vida.

Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro

ÍNDICE GENERAL

Contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	2
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
4.1 Situación problemática.....	3
4.2 Formulación del problema.....	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1 Objetivo general.....	4
5.2 Objetivos específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1 Antecedentes investigativos.....	6
Fundamentación teórica.....	7
7.2 Causantes de amputaciones en el mundo.....	7
7.3 Anomalías congénitas en la extremidad superior.....	8

7.4	Anomalías Congénitas en la mano	8
7.5	Discapacidad física en el Ecuador	9
7.6	Nivel de amputación en la extremidad superior	11
7.6.1	Evaluación de una amputación.....	13
7.7	Definición de la persona con discapacidad	13
7.8	Definición de una Prótesis.....	14
7.9	Tipos de prótesis.....	14
7.10	Definición de una señal.....	16
7.11	Origen de las señales Biológicas	16
7.11.1	Tipos de señales Biológicas Biomédicas	17
7.12	Instrumentos Biomédicos de medición de señal biológica	19
7.12.1	Componentes del sistema de instrumentación biomédica.....	19
7.12.2	Instrumentos Biomédicos.....	21
7.12.3	Electrodos.....	21
7.12.4	El monitor de signos vitales	22
7.12.5	Osciloscopio	22
7.12.6	Registrador gráfico	23
7.12.7	Cardiotacómetros.....	24
8.	PREGUNTAS CIENTÍFICA O HIPÓTESIS	24
9.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	25
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
10.1	Fuentes bibliográficas sobre los tipos de señales biológicas.....	27
10.1.1	Señal Electrocardiográfica ECG	27
10.1.3	Señal Electromiografía EMG.....	29
10.1.4	Señal Electroencefalográfica EEG	31
10.2	Entrevista al médico o especialista en el tema de investigación	34
10.3	Checklist de la información recopilada.....	37

Investigación de los tipos de señales biológicas en fuentes bibliográficas	38
10.4 Determinación de la señal biológica.....	39
10.5 Instrumentos comerciales existentes para la medición de señales biológicas.....	41
10.6 Determinar las características de los instrumentos de medición de señal biológica. ...	49
10.7 Cotización y beneficios de los instrumentos de medición	52
10.8 Comparación de los instrumentos de medición de señales biológicas para identificar el dispositivo que mayor beneficio ofrezca al usuario	55
10.9 Aplicación de una entrevista a personas discapacitadas	58
10.10 Relación del resultado de la entrevista con el requerimiento del usuario	65
11. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	66
12. VALORACIÓN ECONÓMICA	66
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
14. BIBLIOGRAFÍA.....	69
15. ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios directos e indirectos	2
Tabla 2: Actividades correspondientes para el cumplimiento de los objetivos.....	5
Tabla 3: Clase de discapacidad debido al porcentaje de discapacidad	10
Tabla 4: Ondas cerebrales	32
Tabla 5: Checklist de información.....	37
Tabla 6: Nivel de ponderación para la identificación de le una señal biológica	39
Tabla 7: Evaluación de las características de la señal l biológica	40
Tabla 8: Características de instrumentos de medición de señal biológica	50
Tabla 9: Cotización y beneficios de los instrumentos	53
Tabla 10: Comparación costo beneficio de instrumentos comerciales.....	56
Tabla 11: Nivel de ponderación.....	57
Tabla 12: Evaluación de las características	57
Tabla 13: Resultados tabulado, pregunta 1	60

Tabla 14: Resultados tabulado, pregunta 2	60
Tabla 15: Resultados tabulado, pregunta 3	61
Tabla 16: Resultados tabulado, pregunta 4.....	62
Tabla 17: Resultados tabulado, pregunta 5	62
Tabla 18: Resultados tabulado, pregunta 6	63
Tabla 19: Resultados de la encuesta.....	64
Tabla 20: Presupuesto del proyecto de investigación.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipo de discapacidad	9
Figura 2: Grado de discapacidad física.....	10
Figura 3: Nivel de amputación de la extremidad superior	12
Figura 4: Prótesis Estéticas	14
Figura 5: Prótesis eléctrica	15
Figura 6: Prótesis Neumática	15
Figura 7: Prótesis Mioeléctricas	16
Figura 8: Electrodo superficial	21
Figura 9: Monitor de signos vitales	22
Figura 10: Instrumento medico Osciloscopio	23
Figura 11: Registrador gráfico	23
Figura 12: Instrumento portátil Cardiotacómetro.....	24
Figura 13: Señal Electrocardiográfica	28
Figura 14: Triángulo de Einthoven.....	29
Figura 15: Señal Electromiográfica	30
Figura 16: Componentes de la Unidad Motora	30
Figura 17: Sistema Internacional 10-20.....	33
Figura 18: EEG Portable Movil-72	42
Figura 19: EEG Portable Nautilus	42
Figura 20: Emotiv EPOC	43
Figura 21: Dispositivo Mindwave	45
Figura 22: Dispositivo Muse	46

Figura 23: Emotiv Insight	47
Figura 24: Diadema B-Alert X10	48
Figura 25: Dispositivo Myo Armband.....	48
Figura 26: Estadística gráfica, pregunta 1.....	60
Figura 27: Estadística gráfica, pregunta 2.....	61
Figura 28: Estadística gráfica, pregunta 3.....	61
Figura 29: Estadística gráfica, pregunta 4.....	62
Figura 30: Estadística gráfica, pregunta 5.....	63
Figura 31: Estadística gráfica, pregunta 6.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Encuestas dirigida a personas que carecen de una parte de su extremidad superior	72
Anexo 2: Entrevista al especialista.....	73
Anexo 3: Pagina web Neurosky	74
Anexo 4: Dispositivo Emotiv Epoc	74
Anexo 5: Dispositivo Emotiv Insight	75
Anexo 6: Dispositivo Mindwave Mobile.....	75
Anexo 7: Muse la vincha sensación cerebral	76
Anexo 8: Dispositivo MYO	76
Anexo 9: Dispositivo g. Nautilus	77
Anexo 10: Instrumento biomédico electrodo superficial.....	77

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: ESTUDIO DEL COSTO BENEFICIO DE TÉCNICAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE SEÑALES BIOLÓGICAS QUE PERMITAN AUTONOMÍA EN EL MOVIMIENTO DE UNA PRÓTESIS PARA UNA EXTREMIDAD SUPERIOR

Autor: Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro

Resumen

La amputación de una parte del cuerpo debido a factores como la diabetes, accidentes o una mala formación congénita es considerada como discapacidad física, la pérdida parcial o total de la extremidad superior entra en el rango del 30-49% de grado de discapacidad, según datos estadísticos del CONADIS 2018 en el Ecuador existe 104.840 personas que carecen de una parte de su extremidad superior, mientras que, en Latacunga, lugar donde se realizó el estudio, se tiene 1150 personas.

El proyecto de investigación se enfoca a la identificación de técnicas de medición de biopotencial comerciales que permiten generar interacción entre una prótesis y el cuerpo humano, mediante la realización de tablas comparativas se ha establecido el biopotencial, asociado a su instrumento de medición, más factible.

Después de estudiar los biopotenciales ECG, EMG y EEG con su instrumento de medición respectivo, se establece que la señal electroencefalográfica (EEG), generada por la actividad eléctrica del cerebro ha sido determinada como la mejor alternativa para la interacción entre una prótesis de extremidad superior con el cuerpo humano, ya que genera un nivel de voltaje que va de 5 a 300 mV y cuya frecuencia varía dependiendo del ritmo cerebral a medir (alpha, beta, delta y theta). Mediante la realización de una tabla comparativa de instrumentos de medición de biopotenciales comerciales, se ha seleccionado el MindWave Mobile de NeuroSky, como la mejor opción, debido a sus características como, el diseño ergonómico, el peso, la compatibilidad con varios sistemas operativos, la implementación del instrumento en proyectos relacionados, y sobre todo su costo.

Palabras claves:

Señal biopotencial, Instrumento de medición, Prótesis.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

THEME: “STUDY OF THE BENEFIT COST OF MEASUREMENT AND CONTROL TECHNIQUES OF BIOLOGICAL SIGNS THAT ALLOW AUTONOMY IN THE MOVEMENT OF AN UPPER LIMB PROSTHETICS”

Author: Chisaguano Toapanta Edwin Ramiro

The amputation of a part of the body due to factors such as diabetes, accidents and poor training is based on physical disability, partial or total loss of the upper limb in the range of 30-49% degree of disability, depending on The statistical data of CONADIS 2018 in Ecuador there are 104,840 people in its upper part, while in Latacunga, where the study is conducted, it has 1150 people.

The research project focuses on the identification of commercial biopotential measurement techniques that allow generating interaction between a prosthesis and the human body, by means of comparative tables the biopotential has been established, associated with its most feasible measuring instrument.

After studying the ECG, EMG and EEG biopotentials with their respective measuring instrument, it is established that the electroencephalographic signal (EEG), generated by the electrical activity of the brain has been determined as the best alternative for the interaction between an upper limb prosthesis with the human body, since it generates a voltage level that ranges from 5 to 300 mV and whose frequency varies depending on the brain rhythm to be measured (alpha, beta, delta and theta). Through the creation of a comparative table of measuring instruments for commercial biopotentials, the NeuroSky MindWave Mobile has been selected as the best option, due to its characteristics such as ergonomic design, weight, compatibility with various operating systems, implementation of the instrument in related projects, and above all its cost.

Keywords: biopotential signal, measuring instrument, prosthesis.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: la traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor egresado: **CHISAGUANO TOAPANTA EDWIN RAMIRO**, de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título versa “**ESTUDIO DEL COSTO BENEFICIO DE TÉCNICAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE SEÑALES BIOLÓGICAS QUE PERMITAN AUTONOMÍA EN EL MOVIMIENTO DE UNA PRÓTESIS PARA UNA EXTREMIDAD SUPERIOR**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,

Lic. María Fernanda Aguaiza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0503458499



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Estudio del costo beneficio de técnicas de medición y control de señales biológicas que permitan autonomía en el movimiento de una prótesis para una extremidad superior.

Fecha de inicio: marzo 2018

Fecha de finalización: Julio 2019

Lugar de ejecución:

El Ejido-San Felipe-Latacunga-Cotopaxi- Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto formativo Antropometría de extremidades superiores para prótesis animatrónicas.

Equipo de Trabajo:

Datos Personales

Tutor:

Nombre: Ing. Msc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

Autor:

Nombre: Edwin Ramiro Chisaguano Toapanta

Área de Conocimiento:

Ingeniería, industria y construcción

Relación del tema con las líneas de investigación

Plan Nacional del Buen Vivir

Objetivo 1: Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas.

Política 1.4 Garantizar el desarrollo infantil integral para estimular las capacidades de los niños y niñas, considerando los contextos territoriales, la interculturalidad, el género y las discapacidades

Líneas de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Procesos Industriales.

Sub líneas de investigación de la Carrera de Ingeniería Industrial:

Optimización de Procesos Productivos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de investigación aporta a la sociedad que padece de una enfermedad congénita o amputación física de la extremidad superior, con un nuevo enfoque en el diseño de la prótesis, mediante la utilización de instrumento de medición del biopotencial generado por las características anatómica funcional de su organismo, alcanzando crear una movilidad en las prótesis parecidas a los movimientos de locomoción de una persona normal.

La determinación del costo y beneficio que se determinara en las técnicas de medición de señal biológica aporta al nivel socioeconómico de los usuarios de prótesis que podrán decidir por una o algunas alternativas determinadas para la utilización de la prótesis de extremidad superior dependiendo del estrato económico de la persona.

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS 2018), las personas que tienen una dificultad física en su extremidad superior es aproximadamente 104.840 personas en el país, haciendo factible realizar el proyecto en beneficio de aquellas personas.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

A continuación, se presenta el cuadro de beneficiarios directos e indirectos que tendrá el proyecto de investigación.

Tabla 1: Beneficiarios directos e indirectos

Beneficiarios	Detalle de los beneficiarios
Directos	El Técnico Ortopédico
Indirectos	Los beneficiarios indirectos serán todas las personas que padezcan de algún tipo de malformación, pérdida parcial o total de algunas de sus extremidades superiores.

Fuente: Elaboración propia

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

4.1 Situación problemática

Hoy en día la pérdida parcial o total de una parte de la extremidad superior producido por accidentes o por causas congénitas se los observa frecuentemente en niños y adultos. La amputación o la malformación de una parte de sus extremidades provoca problemas en la persona como una baja autoestima, depresión y el poco interés en formar una nueva relación para integrarse con la sociedad.

Una prótesis es una extensión artificial que reemplaza o provee una parte del cuerpo que falta por una amputación o malformación congénita, esperando que su función sea la misma que un miembro natural. La prótesis se hace a la medida y características del paciente, pero desafortunadamente debido a su alto costo y complejidad una prótesis no está al alcance de las personas de bajos recursos económicos.

Dada la complejidad anatómica y funcional del cuerpo humano la prótesis que va a sustituir al miembro mutilado o malformado en ocasiones no se adapta no cumple con la función requerida debido a que las señales biológicas no actúan de manera similar con la prótesis, provocando que las personas opten por una prótesis estética que solo oculte la parte faltante, descartando la idea de volver realizar un agarre o un movimiento.

El proyecto de investigación aporta con el proyecto formativo con el tema “Antropometría de extremidades superiores para prótesis animatrónicas”, que se realiza en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Para continuar avanzando con el proyecto formativo en la institución se estableció el estudio de las diferentes técnicas de medición y control de señales biológicas presentes en el organismo humano para mejorar la adaptación de la prótesis con el cuerpo humano y a la misma vez determinar el costo beneficio de usar una u otra técnica.

4.2 Formulación del problema

¿Cómo evitar el comportamiento no deseado de una prótesis de extremidad superior que se genera por la inadecuada interacción de una señal biológica con la prótesis?

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar el costo beneficio de las técnicas de medición y control de señales biológicas que permitan la autonomía en el movimiento de una prótesis para una extremidad superior.

5.2 Objetivos específicos

- Determinar las señales biológicas presentes en el organismo humano.
- Analizar las técnicas de medición de señales biológicas existentes para el movimiento de la prótesis.
- Determinar el costo beneficio que tendrán las técnicas de medición de señales biológicas estudiadas para el movimiento de la prótesis.
- Seleccionar la mejor técnica de medición y control de señal biológica más adecuada en función de los criterios y requerimientos del organismo humano para el mejor funcionamiento de la prótesis.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

A continuación, se presenta la tabla que describe la correlación directa entre cada uno de los objetivos, las actividades que los mismos involucran, los resultados de estas actividades y sus respectivas metodologías, con el fin de obtener una secuencia lógica en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

Tabla 2: Actividades correspondientes para el cumplimiento de los objetivos

Objetivos	Actividades	Resultado	Medios de Verificación
1. Determinar las señales biológicas presentes en el organismo humano	1.1 Realizar consultas bibliográficas sobre los tipos de señales biológicas en diferentes fuentes.	Identificación de la señal biológica presente en el organismo humano.	Fuentes bibliográficas Entrevista Checklist Lista de señales biológicas
	1.2 Realizar una entrevista al especialista en el tema de estudio.		
	1.3 Realizar un checklist de toda la información recopilada del especialista y de las diversas fuentes bibliográficas.		
	1.4 Determinar una señal biológica de acuerdo a los criterios establecidos.		
2. Analizar las técnicas de medición de señales biológicas existentes para el movimiento de la prótesis	2.1 Enlistar los diferentes instrumentos existentes para la medición de señales biológicas.	Instrumentos electrónicos existentes y los que están en desarrollo para la medición de señales biológicas	Investigación exploratoria Análisis del contenido
	2.2 Investigar los tipos de instrumentos de medición encontrados.		
3. Determinar el costo beneficio que tendrán las técnicas de medición de señales biológicas estudiadas para el movimiento de la prótesis	3.1 Determinar las características de los instrumentos de medición de señal biológica.	Identificación del costo y beneficio del instrumento de medición existente que permita el control de señales biológicas.	Investigación exploratoria Análisis del contenido
	3.2 Establecer los beneficios de los instrumentos		
4. Seleccionar la mejor técnica de medición y control de señales biológicas de acuerdo a los criterios y requerimientos del organismo humano para el mejor movimiento de una prótesis	4.1 Comparar los instrumentos de medición de señales biológicas para identificar la mejor alternativa.	Identificación del mejor instrumento de medición de señal biológica y requerimientos del organismo humano para el uso de una prótesis.	Tablas comparativas Investigación exploratoria Entrevista Análisis estadístico
	4.2 Aplicar una entrevista para determinar los requerimientos del usuario para la utilización de una prótesis.		
	4.3 Tabulación e interpretación de los resultados de la entrevista.		
	4.4 Relacionar el resultado de la entrevista con el requerimiento del usuario.		

Fuente: Elaboración propia

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Antecedentes investigativos

Las personas que han perdido o sufrido de una amputación de una parte de su extremidad superior debido a ciertos factores como enfermedad, accidente o una malformación congénita, son reconocidas como persona con discapacidad física. Por ende, la investigación presenta algunos proyectos a nivel Internacional que han trabajado en beneficio de aquellas personas realizando prototipos que permitan el movimiento de la prótesis mediante la señal biológica localizada en el organismo, entre las cuales se menciona a nivel internacional.

El proyecto de grado de (Martin, 2015), con el tema Sistema Brain Computer Interface, en este trabajo de final de grado se realiza una aplicación de un sistema Brain Computer Interface en el cual, a partir del dispositivo Mindwave de la compañía Neurosky, se controla el prototipo de una mano humana. Esta es controlada a partir de las ondas cerebrales medidas por el sensor que el dispositivo dispone, la información captada por el medidor de señales de electroencefalográficas es enviada por radiofrecuencia a un stick USB que viene incorporado con el Mindwave.

En la misma línea de investigación (Garcia, J. 2017) con el tema “Interfaz cerebro-computadora utilizando un dispositivo inalámbrico de electroencefalografía”, en su proyecto de maestría considera imprescindible el hacer uso de estas tendencias tecnológicas donde se prioriza el desarrollo de sistemas que ayuden al ser humano, por lo tanto detalla en su documento los conceptos del área así como detalles del dispositivo Emotiv EPOC empleado para obtener señales electroencefalográficas y poder generar un interfaz cerebro-computadora para el sector de entretenimiento.

También se considera el proyecto de grado con el tema “Mano controlada por señales musculares”, que menciona, adquirir y visualizar la señal electromiográfica mediante electrodos superficiales. Implementando etapas de amplificación y filtrado, junto a circuitos que minimicen el ruido, obteniendo una señal de amplitud adecuada para su digitalización. Se logra un procedimiento para determinar la relación entre fuerza e intensidad muscular,

creando la base para el algoritmo de control que acciona el motor, permitiendo el movimiento continuo de la mano (Brazeiro & Petraccia, 2015).

En el ámbito nacional se menciona el proyecto de (Collahuazo, 2011) con el tema Diseño y construcción de una mano robótica activada por señales electromiográfica, en donde desarrolla un prototipo de mano robot desde cero en donde aborda la estructura anatómica de la mano humana de los musculo presentes en el brazo y como se puede utilizar la señal EMG generados en ellos, para comandar un dispositivo electrónico. La dificultad que representa trabajar con este tipo de señales ya que su nivel de voltaje es muy débil por lo que necesita amplificadores altamente sensibles, pero a la vez inmunes al ruido eléctrico tanto del paciente como del ambiente.

De igual manera el proyecto de (Ponce, 2014), el cual describe la implementación de un sistema basado en la adaptación de las señales de electroencefalografía (EEG) para la detección de posición, considerando los cuatro puntos cardenales que van ser representados Norte, Sur, Este y Oeste. La obtención de estas señales se lo realizara por medio de un dispositivo no invasivo colocado en la córtex cerebral, el cual permitirá adquirir señales representadas por medio de acciones expresivas (gestos faciales) y cognitivas (pensamientos conscientes), una vez adquiridas estas señales se las pueda manipular y acondicionar en términos de control para ser representadas por medio de impulsos eléctricos.

Los proyectos de investigación mencionados permiten el entendimiento de las señales biológicas que permiten crear una interacción dispositivo artificial con el cuerpo humano mediante la mediación y análisis del biopotencial.

Fundamentación teórica

7.2 Causantes de amputaciones en el mundo

La Organización Mundial de la Salud menciona en el mundo la tasa de personas que han sufrido amputaciones de sus extremidades va en aumento, ya sea por accidentes, conflicto armado, defectos congénitos, cáncer y diabetes, siendo la diabetes mellitus uno de los más grandes causantes de amputaciones de estas últimas 2 décadas, superando ya a las personas que sufrieron amputaciones por conflicto armado, llegando a ser una de las enfermedades más alarmante y de mayor interés.

Una de las enfermedades a nivel mundial que origina amputaciones en las extremidades es la diabetes enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce la insulina suficiente, la insulina es la hormona que regula el nivel de azúcar en la sangre, la diabetes no controlada genera un incremento de azúcar en la sangre conocida como hiperglucemia que con el tiempo daña los órganos, los nervios y vasos sanguíneos del sistema, aproximadamente 442 millones de adultos tienen diabetes, es decir, una de cada 11 personas. (OMS, 2016)

En el Ecuador no está libre de esta enfermedad, el número de personas con diabetes en el país ha incrementado en la última década, según las estadísticas del INEC 2013 aproximadamente 88.892 personas padecen de esta enfermedad, generando una mayor probabilidad de que expongan a una amputación.

7.3 Anomalías congénitas en la extremidad superior

Las malformaciones congénitas de los miembros superiores no son frecuentes, afectando a menos del 0,2 % de los nacidos vivos. Muchas de ellas son malformaciones leves que tienen escasa repercusión funcional. Sin embargo, su amplia variabilidad exige al cirujano de la mano un profundo conocimiento de la anatomía y de los principios quirúrgicos. El desarrollo embriológico del miembro superior es precoz, presentando una completa diferenciación a la semana 7 de gestación. Por ello, cuando la madre ha confirmado su embarazo, la lesión ya está establecida. (Serna, 2018).

7.4 Anomalías Congénitas en la mano

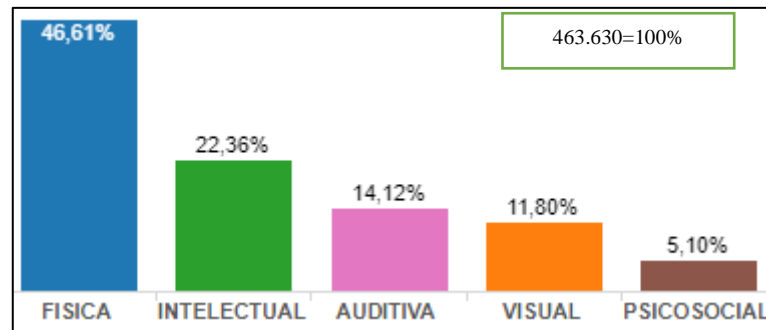
La etiopatogenia de las alteraciones congénitas de la mano es muy variada. Pueden ocurrir de manera esporádica, o ser el resultado de una alteración genética heredable. Existen otras causas menos comunes como lo son factores ambientales, la dieta e infecciones, entre otras. La mano se desarrolla entre la cuarta y la octava semanas de gestación embrionaria, y la mayoría de las anomalías ya se ha generado antes del momento del diagnóstico del embarazo. Algunas alteraciones congénitas de la mano pueden ser severas y afectan importantemente la función. Así mismo, producen un impacto psicológico significativo tanto en los padres como en el paciente pediátrico; por lo que el tratamiento debe ser multidisciplinario, enfocándose primordialmente a la función y la estética. (Ruiz & Perez, D., 2012)

Las alteraciones congénitas afectan aproximadamente entre el 1 y 2% de todos los recién nacidos vivos y las alteraciones en las extremidades superiores se observan en aproximadamente el 10% de estos pacientes. Se estima que la incidencia actual de malformaciones o alteraciones congénitas en la mano es de 2,3 casos por cada 1.000 nacidos vivos.

7.5 Discapacidad física en el Ecuador

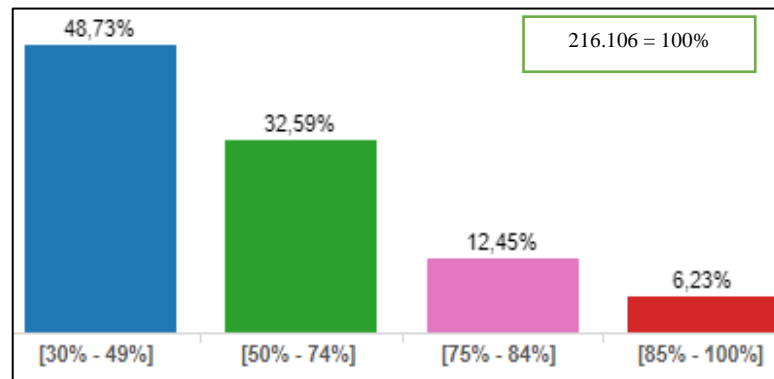
Para que una persona sea considerada que tiene una discapacidad física debe presentar un mínimo del 30% de incapacidad para realizar sus actividades rutinarias. Según las estadísticas del Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS 2018) existe un total de 463.630 personas que padecen de algún tipo de discapacidad, como pueden ser: física, intelectual, auditiva, visual y psicosocial, la discapacidad física ocupa el primer lugar con el 46,61% de personas seguido de la discapacidad intelectual con el 22,36% y posteriormente aparecen el grupo de discapacidad auditiva, visual y psicosocial respectivamente, en el caso nuestro se debe determinar el número de personas con discapacidad física. La figura 1 muestra el número de personas en porcentajes de acuerdo al tipo de discapacidad.

Figura 1: Tipo de discapacidad



Fuente: Consejo Nacional de Discapacidades 2018

La carencia de una parte de las extremidades del cuerpo es considerada como discapacidad física, se conoce que el 46,61% corresponde al número total de personas con este problema, generando como resultado que en el país existen 216.106 personas que han sufrido de una amputación física en su cuerpo. Para determinar el número total de personas que no tienen parte de su extremidad superior se debe conocer la magnitud de discapacidad, para identificar en que rango de porcentaje se encuentran esas personas la figura 2 muestra el número de personas clasificándolas de acuerdo al rango en porcentaje de discapacidad física.

Figura 2: Grado de discapacidad física

Fuente: Consejo Nacional de Discapacidades

Para determinar en cual grado de discapacidad física se encuentra una persona que carece de una parte de su extremidad superior el Real Decreto clasifica el orden de acuerdo a la magnitud de incapacidad para realizar sus actividades.

Determinación del porcentaje de discapacidad

Según la ley Real Decreto 1971/1999, establece el porcentaje de discapacidad que se calcula en base a la clase de discapacidad que se dictamine.

Tabla 3: Clase de discapacidad debido al porcentaje de discapacidad

Clase	% de discapacidad	Grado de discapacidad
1	0 a 4	Discapacidad nula. La persona es calificada con incapacidad, pero no impide realizar ninguna de las actividades de la vida diaria.
2	5 a 24	Discapacidad leve. La persona demuestra que existe alguna dificultad para realizar las actividades diarias, pero se pueden realizar en su totalidad.
3	25 a 49	Discapacidad moderada. La persona presenta una importante disminución o imposibilidad de la capacidad de la persona para la realización de las actividades diarias. Pero la persona es independiente en las actividades de autocuidado.
4	50 a 70	Discapacidad grave. La persona sufre daños, tiene síntomas, signos o secuelas que causan una importante disminución o imposibilidad de la capacidad de la persona para la realización de las actividades diarias. En este caso, puede estar afectada alguna de las actividades diarias de autocuidado.
5	71 en adelante	Discapacidad muy grave. Imposibilitan la realización de las actividades diarias.

Fuente: (Real Decreto 1971/1999)

La pérdida de la mano, del antebrazo, o toda la extremidad superior ingresan en el rango de 25 al 49%, considerada como discapacidad moderada en donde la persona presenta una disminución o imposibilidad para la realización de las actividades diarias, pero es independiente en las actividades de autocuidado.

Identificado el rango de porcentaje de una persona que ha sufrido una amputación en su extremidad superior, se determina que el número total de personas en el país con discapacidad física en su extremidad superior es 105.177. Posteriormente para un cálculo de muestra se establece que en la ciudad de Latacunga existen 1150 personas registradas en el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS 2018).

7.6 Nivel de amputación en la extremidad superior

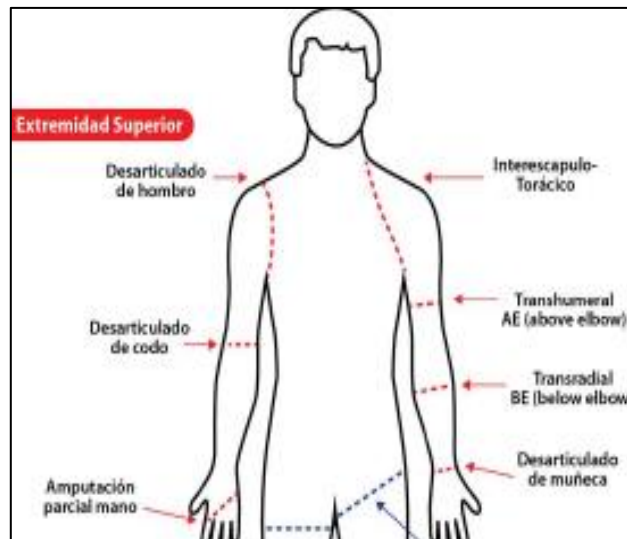
La manera en que una persona pierda una parte de su extremidad superior se puede ocasionar por diferentes razones ya sea por una amputación quirúrgica originada por un accidente, o por una malformación congénita que es producido cuando todavía es un feto, el grado de amputación de la extremidad superior se puede clasificar dependiendo de la zona que es realizado la amputación por ende, es de suma importancia el conocer el nivel de amputación de la extremidad superior para determinar si es una persona discapacitada físicamente.

La amputación de la extremidad se puede clasificar dependiendo del nivel de amputación, se puede distinguir los siguientes tipos (Silva, 2010, pág. 16):

- Amputación interescápulo-torácica o de clavícula.
- Desarticulación del hombro.
- Amputación transhumeral o por encima del codo.
- Desarticulación del codo.
- Amputación transradial o por debajo del codo.
- Desarticulación de la mano y la muñeca.
- Amputación transcarpal o de mano parcial.
- Amputación de dedos.

La persona que pierde una parte de la extremidad superior se lo puede clasificar dependiendo la magnitud de la amputación como se puede observar en la figura 3.

Figura 3: Nivel de amputación de la extremidad superior



Fuente: (Silva, 2010)

- **Amputación por abajo de codo Transradial**

Dependiendo del nivel al que se realice la amputación, será la funcionalidad que el muñón adquiera, ya que a niveles determinados se permitirán ciertos movimientos como la flexo-extensión y la pronosupinación.

- **Desarticulación de codo**

Es una amputación poco usual porque se consideraba sin mayor utilidad. Se realizan con mayor amplitud y facilidad los movimientos de rotación, lo cual facilita las actividades de vestido y alimentación. Conserva, por tanto, la longitud total del humero.

- **Amputación por arriba de codo (Transhumeral)**

Con ella se mantiene una ligera libertad de movimiento a nivel escapulo humeral, sobre todo para la flexo-extensión y la abducción de brazo, también son posibles ligeros movimientos de rotación. Si la longitud del brazo de palanca es mayor, podrá efectuar con mayor facilidad las actividades de vestido y alimentación.

- **Desarticulación de Hombro**

Se mantiene la pinza omo-clavicular, por lo que el muñón es más estético que en el interés cápulo torácica. La movilidad es mínima y corresponde a los movimientos escapulares, pero esto facilita la utilización de un sistema protésico, aunque presente dificultades de adaptación.

- **Interescápulotorácico**

Es la menos frecuente dentro de las amputaciones del miembro torácico. Solamente en los casos extremos y cuando sea imprescindible se deberá efectuar esta clase de cirugía. Debido a la extirpación de la clavícula, omóplato, húmero, es totalmente antiestético y presenta graves problemas funcionales. El muñón es prácticamente fijo, no posee grados de movilidad, por lo que la prótesis se moverá únicamente por la acción muscular del miembro contrario

7.6.1 Evaluación de una amputación

- La amputación de toda la extremidad superior, o deficiencia del 100 % del miembro, equivale a un porcentaje de discapacidad del 49%.
- La amputación por debajo del codo, distal a la inserción del bíceps y próxima a la articulación metacarpofalángica, se considera como una deficiencia del 95% de la extremidad superior que equivale a un porcentaje de discapacidad del 47%.
- Cada dedo recibe un valor relativo respecto a la mano el pulgar el 40%, los dedos índice y medio el 20% cada uno, los dedos anular y meñique el 10% cada uno.
- La amputación de todos los dedos a nivel de la articulación metacarpofalángica una deficiencia de la extremidad superior del 90%, que equivale a un porcentaje de discapacidad del 44% (Real Decreto 1971/1999).

7.7 Definición de la persona con discapacidad

Según el Art.1 de la Ley Orgánica de Discapacidades se entenderá por persona con discapacidad a aquella que, como consecuencia de una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, con independencia de la causa que la hubiera originado, ve restringida permanentemente su capacidad biológica, psicológica y asociativa para ejercer una o más actividades esenciales de la vida diaria, en una proporción equivalente al treinta por

ciento (30%) de discapacidad, debidamente calificada por la autoridad sanitaria nacional (Constitución de la República del Ecuador, 2017).

7.8 Definición de una Prótesis

Según la Norma ISO 8549-1: 1989 Prótesis y Ortesis menciona, “Las prótesis y las ortesis son dispositivos y productos de aplicación externa que se utilizan para ayudar a las personas que tienen deficiencias físicas o limitaciones funcionales a mejorar su funcionamiento y aumentar su potencial de llevar una vida sana, productiva, independiente y digna. Una prótesis es un dispositivo de aplicación externa que se usa para reemplazar total o parcialmente una parte de un miembro ausente o deficiente (brazo o pierna)”.

En la actualidad existen varios tipos de prótesis comerciales que pueden ser adaptado a una persona discapacitada teniendo en cuenta el costo y la utilidad de la prótesis se puede describir las siguientes.

7.9 Tipos de prótesis

Existen varios tipos de prótesis de extremidad superior que se han desarrollado utilizando diferente tecnología y conocimiento que se describen a continuación. (Cedillo, 2017).

7.9.1.1 Prótesis estéticas

Son denominadas también prótesis pasivas, dado que solo cubren el aspecto estético, de donde toman su nombre. Para fabricarlas se emplean de manera recurrente tres materiales: PVC rígido, látex flexible o silicona, cómo se observa en la Figura 4.

Figura 4: Prótesis Estéticas



Fuente: (Cedillo, 2017)

7.9.1.2 Prótesis eléctricas

Estas prótesis usan motores eléctricos en el dispositivo terminal, muñeca codo con una batería recargable. Se controlan de varias formas, ya sea con un servocontrol, control con botón pulsador o botón con interruptor de arnés. En ciertas ocasiones se combinan estas formas para su mejor funcionalidad como se observa en la figura 5.

Figura 5: Prótesis eléctrica

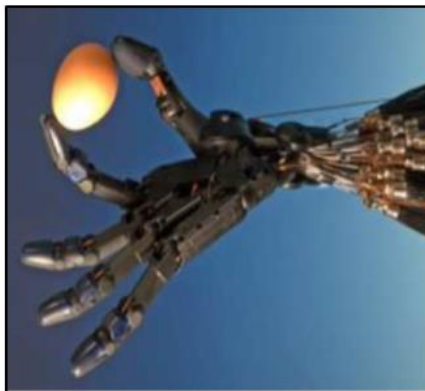


Fuente: (Cedillo, 2017)

7.9.1.3 Prótesis Neumáticas

Las prótesis neumáticas hacen uso de aire a presión obtenido por medio de un compresor, su ventaja principal es proporcionar una gran fuerza y rapidez de movimientos; sus desventajas principales son los dispositivos que se implementan para su control y funcionamiento ya que son relativamente grandes y su mantenimiento es costoso y dificultoso. Una prótesis neumática se puede observar en la figura 6.

Figura 6: Prótesis Neumática

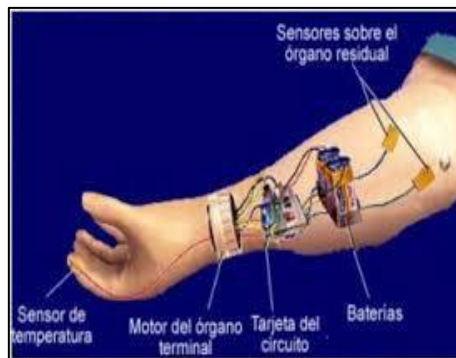


Fuente: (Cedillo, 2017)

7.9.1.4 Prótesis Mioeléctricas

Las prótesis Mioeléctricas son en la actualidad una de las de mayor aplicación en el mundo, ya que brindan un mayor grado de estética y un elevado porcentaje de precisión y fuerza, basándose en la obtención de señales musculares las mismas que son obtenidas mediante el uso de electrodos que permiten la extracción de la señal que es amplificada, procesada y filtrada al control para el manejo de la prótesis.

Figura 7: Prótesis Mioeléctricas



Fuente: (Cedillo, 2017)

7.10 Definición de una señal

Una señal es un medio de transmisión de información, cuya adquisición permite obtener información sobre la fuente que la generó. En el caso de los bioseñales, las fuentes son los diferentes sistemas fisiológicos del organismo. La captación de los bioseñales permite al médico extraer información sobre el funcionamiento de los diferentes órganos para poder emitir un diagnóstico.

7.11 Origen de las señales Biológicas

Por definición podemos decir que un bioseñal es cualquier señal que genera el ser humano. Se utiliza de preferencia la medición del potencial eléctrico generado por grandes grupos celulares. No todas las señales fisiológicas son de tipo bioeléctrico, si bien son, quizás, las más importantes. Una posible clasificación del tipo de señales fisiológicas podría ser la siguiente: Señales bioeléctricas, Señales de bioimpedancia, Señales bioacústicas, Señales biomagnéticas, Señales biomecánicas, Señales bioquímicas, Señales bioópticas. Las señales biológicas son registros en el espacio, tiempo o espacio-tiempo de eventos biológicos tales como el latido cardiaco, o la contracción de un músculo.

La actividad eléctrica, química o mecánica que ocurre en este evento biológico produce señales que pueden ser medidas y analizadas. Así, los bioseñales pueden explicar los mecanismos fisiológicos subyacentes de un sistema o evento fisiológico. Los bioseñales pueden obtenerse de muchas formas, el médico que escucha los ruidos cardiacos del paciente con un estetoscopio o utilizando un equipo altamente sofisticado (Larriva, 2011, pág. 5).

7.11.1 Tipos de señales Biológicas Biomédicas

A continuación, se muestra los tipos de señales biomédicas presentes en el cuerpo humano que son utilizados en la parte médica para conocer el estado del organismo.

7.11.1.1 Señal Bioeléctrica

El sistema nervioso y las células musculares generan señales bioeléctricas que son resultado de cambios electroquímicos dentro y entre células. Si una célula nerviosa o muscular es estimulada lo suficiente, se generará un potencial de acción (PA). Este representa el flujo de iones a través de la membrana celular y puede ser medido utilizando electrodos intracelulares. El PA generado por una célula excitada es transmitido a las contiguas. Cuando se tienen muchas células en este estado, se forma un campo eléctrico que se propaga a través del medio biológico. Los cambios en el potencial extracelular se pueden medir en la superficie del órgano u organismo con electrodos de superficie. Ejemplos de este fenómeno son el electrocardiograma (ECG), electromiograma (EMG) y el electroencefalograma (EEG) (Guevara & Sanz, M. A., 2010).

Cuando la membrana es excitada por estímulos externos, que pueden ser cortos y de alta intensidad o viceversa, la conductancia del potencial de reposo presenta un cambio transitorio debido a estos estímulos, lo que produce un impulso de potencial intracelular llamado Potencial de Acción que se produce en forma simultánea en la membrana de las células.

Una señal bioeléctrica es el resultado del movimiento que realiza dentro y entre las células a esta actividad se le conoce como potencial de acción. También se dice que la señal

bioeléctrica es generada por el potencial de acción de las células de los nervios y músculos y para su respectiva medición se lo puede hacer de dos maneras utilizando electrodos superficiales externamente o con la utilización de micro electrodos que deben ser localizados en las células.

7.11.1.2 Señal Biomagnética

Varios órganos, como el cerebro, el corazón y los pulmones, producen campos magnéticos extremadamente débiles. La medición de tales campos provee información no incluida en otros bioseñales. Debido al bajo nivel de los campos magnéticos que se tienen que medir, deben tomarse precauciones extremas en el diseño del sistema de adquisición de estas señales.

El biomagnetismo es la medición de señales magnéticas que están asociadas a una actividad fisiológica específica. Así que las señales biomagnéticas proporcionan valiosa información adicional que no se obtiene de las señales bioeléctricas en la actividad intracelular. (Montaya, 2011).

7.11.1.3 Señal Bioquímica

Las señales bioquímicas contienen información acerca de los niveles y cambios de los agentes químicos del cuerpo. Por ejemplo, se puede registrar y medir la concentración de varios iones como del calcio y potasio, así como los cambios en la presión parcial del oxígeno (pO_2) y del dióxido de carbono (pCO_2) en la sangre o sistema respiratorio. Estas señales Bioquímicas se utilizan para la determinación de otros estados, como niveles de glucosa, lactosa, metabolitos, y nos proporcionan información acerca de la función de los sistemas fisiológicos.

Este tipo de señal bioquímicos es generado por la combinación de elementos como el calcio y potasio y el dióxido de carbono que se encuentra en la sangre proporcionando información acerca del sistema fisiológico.

7.11.1.4 Señal Biomecánica

Las señales biomecánicas resultan del esfuerzo físico que produce el cuerpo humano haciendo que la sangre fluya hacia el cerebro provocando una presión sanguínea, como el movimiento, desplazamiento, tensión, fuerza, presión y flujo. La presión sanguínea, es la medición de la

fuerza que la sangre ejerce en las paredes de las arterias. Los cambios en la presión sanguínea se registran como una forma de onda en la cual las crestas representan la contracción de los ventrículos, expulsando la sangre del corazón hacia el cuerpo, siendo ésta la máxima presión sanguínea, la presión sistólica. Los valles de la forma de onda representan la relajación de los ventrículos y la presión sanguínea cae al valor mínimo, la presión diastólica (Montaya, 2011).

7.11.1.5 Señal Bioacústica

Las señales bioacústicas son parte importante de las señales biomecánicas, en el sentido de vibración o movimiento. Un evento biológico que produce ruido acústico es el flujo de la sangre en el corazón o a través de las válvulas cardiacas .Algunos músculos y el sistema respiratorio generan también señales bioacústicas que se propagan a través del medio biológico y pueden ser registradas y medidas en la superficie de la piel utilizando transductores acústicos, como micrófonos (Montaya, 2011).

7.12 Instrumentos Biomédicos de medición de señal biológica

7.12.1 Componentes del sistema de instrumentación biomédica

Cualquier instrumento médico consta de las siguientes partes básicas funcionales para el registro y control de la señal biológica (Introduction to Biomedical Instrumentation, 2018).

- Medida
- Sensor / transductor
- Acondicionador
- Pantalla
- Almacenamiento de datos y transmisión de datos

- **Medida**

La medida es la cantidad física y los sistemas de instrumentación la miden. El cuerpo humano actúa como la fuente de medición y genera señales biológicas. Ejemplo: superficie corporal o presión arterial en el corazón.

- **Sensor / transductor**

El transductor convierte una forma de energía a otra forma, generalmente energía eléctrica. Por ejemplo, la señal piezoeléctrica que convierte las vibraciones mecánicas en la señal eléctrica. El transductor produce una salida utilizable en función del mensurando. El sensor se utiliza para detectar la señal de la fuente, se utiliza para interconectar la señal con el humano.

- **Acondicionador de señal**

Los circuitos de acondicionamiento de señal se utilizan para convertir la salida del transductor en un valor eléctrico. El sistema de instrumentos envía esta cantidad a la pantalla o al sistema de grabación. Generalmente, el proceso de acondicionamiento de la señal incluye amplificación, filtrado, analógico y digital a analógico. El acondicionamiento de la señal mejora la sensibilidad de los instrumentos.

- **Pantalla**

Se utiliza para proporcionar una representación visual del parámetro o la cantidad medida, ejemplo: registrador gráfico, osciloscopio de rayos catódicos (CRO). Algunas veces se usan alarmas para escuchar las señales de audio. Ejemplo: señales generadas en el escáner de ultrasonido Doppler utilizado para la monitorización fetal

- **Almacenamiento de datos y transmisión de datos**

El almacenamiento de datos se utiliza para almacenar los datos y se puede utilizar para futuras consultas. Días recientes Los registros electrónicos de salud se utilizan en los hospitales. La transmisión de datos se utiliza en sistemas telemétricos, donde los datos se pueden transmitir de una ubicación a otra de forma remota.

Definido las partes que debe tener un instrumento biomédico se procede a enlistar los diferentes instrumentos para el control y registro de una señal biológica, cabe mencionar que estos instrumentos son utilizados por médicos especialistas para determinar la situación actual del organismo.

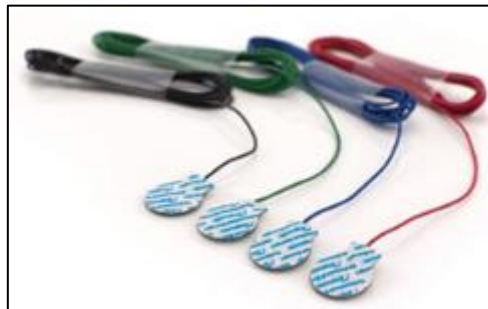
7.12.2 Instrumentos Biomédicos

Un instrumento es la encargada de medir, registrar y almacenar cualquier variable fisiológica de origen mecánico, hidráulico, neumático, térmico, eléctrico empleando la más depurada técnica de tratamiento de señales por procedimientos analógicos digitales menciona la instrumentación biomédica trata sobre los instrumentos empleados para obtener información al aplicar energía a los seres vivos entre las cuales se menciona las siguientes. (Muñoz J. , 2016)

7.12.3 Electrodo

Los electrodos utilizados para obtener potenciales bioeléctricos en la superficie del cuerpo se encuentran en una variedad de tamaños y formas. Aunque para medir potenciales ECG, EEG y EMG se puede utilizar cualquier tipo de electrodo superficial, los electrodos más grandes están asociados generalmente a ECG, dado que la localización de la medida no es importante, mientras que los electrodos más pequeños se emplean en medidas EEG y EMG (Martín, 2016).

Figura 8: Electrodo superficial



Fuente: (Martín, 2016)

Los electrodos pueden dividirse en dos tipos.

El primero de ellos es el electrodo húmedo, normalmente desechables pre-gelificados, o electrodos de aguja. Representan el grupo más utilizado debido a la calidad de las medidas recogidas, pero presentan el inconveniente de requerir preparación cutánea y resultan incómodos para el usuario. Además, la repetición en la toma de medidas produce una degradación del contacto entre la piel y el electrodo. El segundo grupo está formado por los electrodos secos, que evitan estos problemas, aunque la calidad de las señales es inferior y se suele emplear mayoritariamente en zonas sin pelo.

7.12.4 El monitor de signos vitales

Es la encargada de medir, registrar y almacenar cualquier variable fisiológica de origen mecánico, hidráulico, térmico y eléctrico la más depurada técnica de tratamiento de señales por procedimientos analógicos digitales. El monitor de signos vitales es el equipo más representativo dentro del campo de la instrumentación de medida. La figura 9 muestra el Monitor de signos vitales.

Figura 9: Monitor de signos vitales

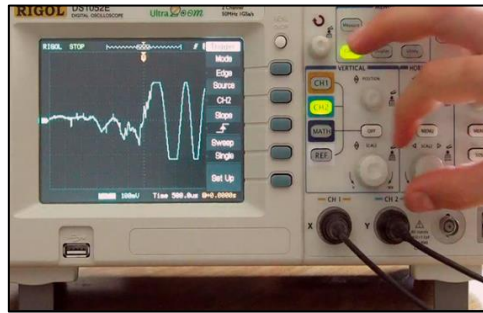


Fuente: (Muñoz J. , 2016)

7.12.5 Osciloscopio

Los osciloscopios están basados en un sistema de graficación X-Y, donde Y es la señal que se quiere analizar y X es el tiempo; así obtendremos la gráfica de una señal con respecto al tiempo, la imagen obtenida se denomina oscilograma. El osciloscopio de rayos catódicos (CRO) es un instrumento de laboratorio extremadamente versátil y útil empleado para la medición y análisis de formas de onda y otros fenómenos en los circuitos electrónicos. Los CRO básicamente son graficadores X-Y muy rápidos que despliegan una señal de entrada contra otra o contra el tiempo (Cardenas & Romero).

Figura 10: Instrumento medico Osciloscopio



Fuente: (Cardenas & Romero)

- Determinar directamente el periodo y el voltaje de una señal.
- Determinar indirectamente la frecuencia de una señal.
- Determinar que parte de la señal es DC y cual AC.
- Localizar averías en un circuito.
- Medir la fase entre dos señales.
- Determinar que parte de la señal es ruido y como varia este en el tiempo.

7.12.6 Registrador gráfico

Un registrador gráfico o graficador de cinta es un instrumento usado para registrar diversos procesos y señales eléctricas. Los graficadores más tradicionales registran los datos en papel. El papel se pasa bajo una pluma y la pluma se desvía en proporción a la señal. El resultado es una gráfica de los datos. Los registradores gráficos están disponibles en estilos sencillo o multicanal (sencillo o multipluma) y en diversas configuraciones. Muchos de los registradores gráficos también pueden registrar información en formato digital para descargarla en una computadora (Omega Engineering).

Figura 11: Registrador gráfico



Fuente: (Omega Engineering)

El registrador gráfico permite almacenar los diferentes procesos y señales eléctricas que son generados por la actividad eléctrica del corazón.

7.12.7 Cardiotacómetros

Los cardiotacómetros se utilizan para la obtención del ritmo cardíaco, usualmente a partir de la señal de ECG, pero también puede obtenerse a partir de otros bioseñales como la presión arterial o los sonidos cardíacos. Frecuentemente incorporan circuitos de alarma que indican cuándo el ritmo cardíaco excede un rango previamente programado. Se clasifican en cardiotacómetros de promedio (proporciona el valor medio en un cierto periodo de tiempo) o de pulso a pulso (proporciona el valor instantáneo del ritmo a partir de la inversa del intervalo entre pulsos consecutivos). (Guerrero Martinez, 2011, pág. 9).

Figura 12: Instrumento portátil Cardiotacómetro



Fuente: (Guerrero Martinez, 2011, pág. 9)

En la actualidad para realizar mediciones de señal biológica y emitir un diagnóstico del estado del cuerpo se utiliza dispositivos electrónicos portátiles, una de las compañías que construye los dispositivos móviles es NeuroSky en el avance del proyecto se dará a conocer un listado de varios instrumentos portátiles que permitan realizar mediciones de una señal biológica del cuerpo humano.

8. PREGUNTAS CIENTÍFICA O HIPÓTESIS

El estudio del costo beneficio de técnicas de medición de biopotenciales permitirá identificar la mejor alternativa para que se desarrollen prótesis de extremidad superior que sean controladas a voluntad del usuario.

VARIABLE INDEPENDIENTE

Técnicas de medición de biopotencial.

VARIABLE DEPENDIENTE

Mejor técnica de medición para el desarrollo de prótesis de extremidad superior que sean controladas a voluntad del usuario.

9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la ejecución de las actividades se utilizará los siguientes métodos que permitirán la realización y cumplimiento de las actividades propuestas.

Investigación exploratoria

La investigación exploratoria estará presente en toda la elaboración del proyecto ya que el proyecto se enfoca directamente en una investigación bibliográfica el cual permitirá la ejecución de las actividades planteadas en el cronograma. Se implementa diversas fuentes bibliográficas como revista científica, páginas web, libros, para la recolección de toda la información posible que permita obtener una amplia indagación de las características y definiciones de cada una de las señales biológicas y su respectiva técnica de medición investigado.

Entrevista

Una vez obtenida la información necesaria sobre el tema de investigación a través de las diferentes fuentes bibliográficas se procederá a una visita de un médico especialista en el tema, mediante la formulación de preguntas permitirá aclarar y despejar ciertas dudas que se obtuvo de la investigación bibliográfica, el médico especialista mediante una explicación verbal ayudara a conocer el comportamiento de las señales biológicas.

Encuesta

La encuesta como técnica, permite que se realice la recopilación de información con la aplicación de un cuestionario de preguntas a las personas que tienen una discapacidad física, para obtener información directa con los involucrados del problema.

Checklist

La última actividad que se realizará para el cumplimiento del primer objetivo será la elaboración de un checklist con toda la información obtenida en las diferentes fuentes bibliográficas y con el médico especialista. En el checklist está incluido los aspectos necesarios que te permita definir una buena directriz para el investigador formando un camino lógico y coherente en el avance del proyecto.

Análisis del contenido

Para obtener un análisis verídico de la información obtenida mediante la investigación exploratoria se realizará una comparación entre los instrumentos de medición existentes con los que aún están en desarrollo que permitirá identificar las características los beneficios y costo de los diferentes instrumentos de medición y control de señales biológicas.

Análisis y comprobación de resultados

Mediante el análisis de la información recopilada de los requerimientos que debe tener una prótesis y el organismo humano se realizará una comprobación mediante una matriz de resultados que permitirá establecer una relación o compatibilidad entre la señal biológica identificada con la prótesis de extremidad superior.

10. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

10.1 Fuentes bibliográficas sobre los tipos de señales biológicas

Para el cumplimiento de las actividades propuestas previamente se utiliza el método de investigación exploratoria, se pone a consideración que las fuentes utilizadas para la búsqueda de información será revistas, libros, proyectos de tesis que tenga similitud con el tema de investigación, el año de publicación no debe sobrepasar los últimos diez años como establece el instructivo de la academia.

Se sabe que la señal biológica es una manera de manifestación del organismo humano que proporciona información acerca del estado de salud actual de la persona, el especialista puede hacer uso de la señal bioacústica, señal bioquímica, señal biomecánica, señal bioeléctrica y la señal biomagnética para emitir un diagnóstico del paciente.

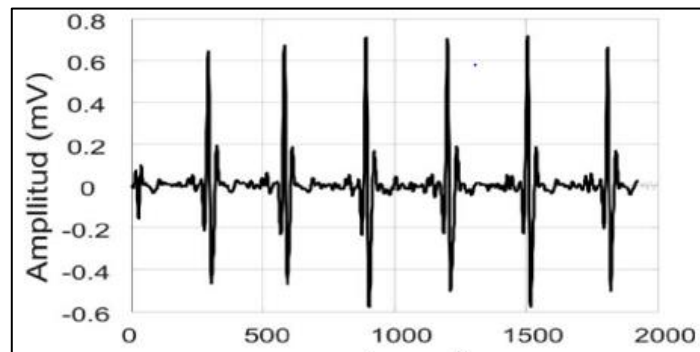
La señal electrocardiográfica, señal electromiográfica y señal electroencefalográfica localizadas dentro del organismo generan de una manera distinta un biopotencial eléctrico en niveles de voltaje diferente.

10.1.1 Señal Electrocardiográfica ECG

Según el autor (Gonzales & Ximena, 2009) dice, una señal electrocardiográfica es el registro de la actividad eléctrica cardiaca mediante la utilización de electrodos superficiales adheridos en la superficie de la piel del pecho expone la actividad eléctrica del corazón. La señal varía entre 0.5milivoltios (mV) y 4 (mV) y tiene un ancho de banda entre 0.01herzios (Hz) a 250Hz

El autor (Gonzales Barajas, 2016, pág. 21), menciona que una señal electrocardiográfica se caracteriza en el dominio del tiempo, por tener una amplitud muy reducida (1mV de pico a pico aproximadamente) y componentes entre 0.5 y 100Hz. Para poder esta señal es necesario contar con un sistema de acondicionamiento de señales, con el fin de poder filtrar y amplificar la señal ECG para obtener los valores adecuados que sean útiles para una posterior etapa de conversión análoga a digital.

El principal objetivo de un proceso de conversión analógica a digital es poder obtener un arreglo de datos que describa la señal ECG y pueda ser almacenado en una memoria digital. La figura 13 muestra la forma de una señal electrocardiográfica.

Figura 13: Señal Electrocardiográfica

Fuente: (Gonzales & Ximena, 2009)

Para obtener la información de la señal ECG se utiliza el método conocido como electrocardiograma que permite adquirir el biopotencial generado por la actividad cardíaca del corazón.

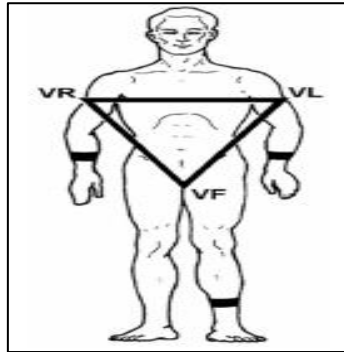
El autor (Gonzales & Ximena, 2009) dice un electrocardiograma es una técnica que muestra el análisis de la actividad eléctrica del corazón. Se utiliza básicamente para diagnosticar las enfermedades cardíacas o de corazón, como infartos, medir el ritmo y la regularidad de los latidos, así como la posición y el tamaño de las cámaras cardíacas, así mismo permite regular cualquier daño al corazón y las consecuencias de medicamentos o instrumentos utilizados para regularlo (como un marcapasos).

El autor (Cowasn & Olarte, 2017) menciona, es importante los puntos de referencia donde se coloquen los electrodos. Tenerlos en diferentes posiciones, permite apreciar mejor ciertas áreas del corazón, una de ellas son las derivaciones bipolares, porque estas registran la diferencia de potencial entre dos extremidades del cuerpo. Estas se registran de la siguiente forma:

- Brazo izquierdo (LA) y brazo derecho (RA)
- Pierna izquierda (LF) y brazo derecho (RA)
- Pierna izquierda (LF) y brazo izquierdo (LA)

Para lograr medir las derivaciones bipolares es necesario la ubicación adecuada de los electrodos en el cuerpo humano. A este sistema también se le llama triángulo de Einthoven, a continuación, se muestra la colocación de los electrodos según el triángulo de Einthoven.

Figura 14: Triángulo de Einthoven



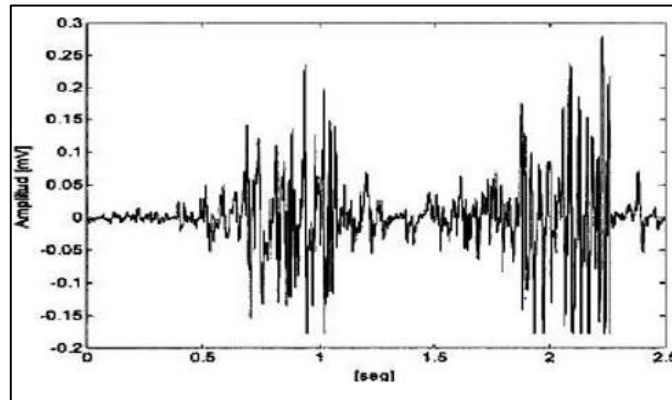
Fuente: (Cowasn & Olarte, 2017)

10.1.3 Señal Electromiografía EMG

El autor (Ibarra & Pérez, 2009) dice, una señal electromiográfica (EMG) es el biopotencial eléctrico generado por una contracción en el musculo. La señal EMG tiene una amplitud entre 0.1 a 5 milivoltios (mV) con una frecuencia de banda hasta 10kHz.

El autor (Collahuazo, 2011) menciona las características que presenta una señal electromiográfica.

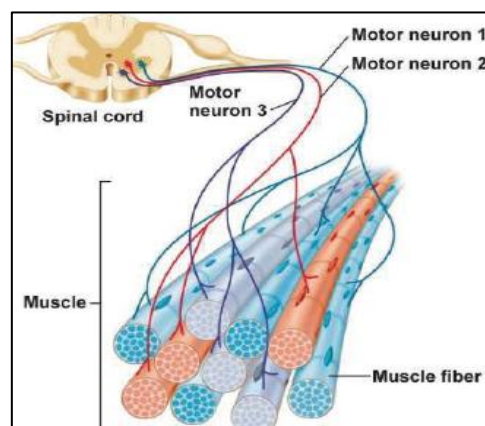
- Puede llegar hasta los 2Khz, (electrodo superficial), y hasta los 10Khz para el registro invasivo (electrodo de aguja implantada en el musculo).
- Energía dominante entre 50 – 500Hz.
- La adquisición de señales EMG se ve fuertemente afectada por el ruido de línea eléctrica 60 Hz.
- Aleatoria.
- Los potenciales de acción de cada musculo presenta una magnitud fija (número de disparos y numero de fibras reclutadas). La figura 15 muestra la variación de la señal Electromiográfica.

Figura 15: Señal Electromiográfica

Fuente: (Ibarra & Pérez, 2009)

Para realizar la medición de la señal EMG el autor (Pedraza, 2017) menciona, existen dos métodos para la obtención de la señal EMG, la primera es bipolar en la que se utiliza dos electrodos para detectar la diferencia de potencial y un tercer electrodo de referencia que debe ser ubicado al inicio del musculo donde se va a trabajar, y la segunda forma de detección de señal EMG es la monopolar en la que se utiliza un electrodo más uno de referencia.

La electromiografía es una técnica que permite el estudio de los potenciales de acción del músculo, aportando información sobre el estado en que se encuentran los diferentes componentes de la unidad motora (UM). A continuación, se muestra los componentes de la unidad motora.

Figura 16: Componentes de la Unidad Motora

Fuente: (Pedraza, 2017)

Para conocer cómo se produce el biopotencial eléctrico mediante la contracción del músculo se debe saber el proceso de funcionamiento de la unidad motora para que el músculo realice una contracción.

Una neurona motora es la que emite un impulso para que la fibra muscular se contraiga, es decir que conduce los impulsos de la medula espinal ubicada en el cerebro hacia los músculos del cuerpo, a todo este conjunto entre la neurona motora y las fibras musculares se le conoce con el nombre de unidad motora. Entonces si se estimula eléctricamente a una motoneurona esta estimulara eléctricamente a su unidad motora y provocara que el músculo presente una contracción.

Los tejidos del músculo funcionan como conductores de electricidad, para la medición y detección de estas señales se utilizan sensores conocidos como electrodos, los cuales pueden ser invasivos o no invasivos. En el caso de los electrodos invasivos, se utilizan electrodos de tipo aguja, los cuales son posicionados directamente sobre el músculo y obtienen el potencial de acción de una fibra muscular individual. Por otro lado, los electrodos no invasivos, son colocados sobre la piel, por lo que la señal es una composición de los potenciales de acción de todas las fibras musculares subyacentes. Esta combinación de potenciales se conoce como potencial de acción de la unidad motora (MUAP). Por ende, podemos decir que la señal EMG es el tren de potenciales de acción de la unidad motora mostrando la respuesta muscular a la estimulación neural (Pedraza, 2017).

10.1.4 Señal Electroencefalográfica EEG






Una señal electroencefalográfica es el biopotencial generado por la actividad eléctrica en el cerebro tiene una amplitud entre 5 a 300 mV, el ancho de la banda de frecuencia varía dependiendo de ritmo cerebral a medir, los ritmos son obtenidos a través del cráneo por medio de electrodos situados en la superficie del cuero cabelludo consiguiendo la medición los siguientes ritmos cerebrales.

10.1.4.1 Ritmos cerebrales

Existe una variedad de ritmos destacados por su banda de frecuencia, la localización en el cerebro, la amplitud de la señal, y aspectos inherentes de cada uno de ellos. Las amplitudes de

las señales registradas mediante electroencefalograma son del orden de μV y su espectro está contenido en frecuencias que van desde 0.5 Hz a 100Hz, siendo importante recalcar que estos parámetros son muy variantes en cada sujeto. Las cuales se detallan a continuación en la Tabla 4(Martin, 2015).

Tabla 4: Ondas cerebrales

Nombres	Frecuencia (Hz)	Forma de la Onda	Descripción
Delta(δ)	0.2-3.5		Estado hipnótico, hemisferio cerebral derecho en plena actividad, sueño profundo y meditación.
Theta(θ)	3.5 a 7.5		Estado de vigilia, equilibrio entre los hemisferio izquierdo y derecho, plenitud y armonía.
Alfa(α)	7.5 a 13		Relajación, tranquilidad, creatividad, inicio de actividad del hemisferio izquierdo y desconexión del hemisferio derecho.
Beta(β)	13 a 28		Estado de alerta máxima, vigilante, miedo, es la situación normal cuando estamos despiertos, conduciendo o trabajando en donde estamos en estado de alerta, ansiedad.
Gamma	\gt de 28		Estado de estrés y confusión.

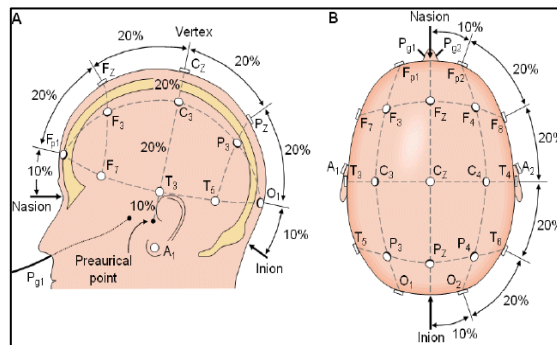
Fuente: (Tejedor, Valdes, & Mendoza, 2018, pág. 21)

El autor (Martín, 2015) establece la manera de realizar la medición de la señal EEG como una técnica de exploración funcional del sistema nervioso central (SNC) mediante la cual se obtiene el registro de la actividad eléctrica cerebral en tiempo real. El EEG estándar es una exploración indolora, no invasiva, de bajo coste, que puede ser de gran utilidad en la práctica clínica, se realiza colocando electrodos de superficie adheridos al cuero cabelludo por un gel conductor. Se posicionan de acuerdo al sistema internacional 10-20.

Otra manera de realizar la medición del biopotencial eléctrico en el cerebro es la que presenta el comité de las Federaciones de Sociedades de Electroencefalografía y Neurofisiología

Clínica, que consiste en colocar los electrodos basados en un sistema estándar para todos los laboratorios conocido como el Sistema 10-20. En el que consiste un mínimo de 21 electrodos que incluye 19 electrodos craneanos y dos referenciales a orejas o mastoides, conocido como auriculares, se diseñó para dar una cobertura adecuada de la cabeza, con flexibilidad para la colocación de electrodos adicionales, dentro del marco establecido, empleando la nomenclatura 10-20 (Mayor, 2013, pág. 9). A continuación, la figura muestra la ubicación de los electrodos en el cráneo con el sistema 10-20.

Figura 17: Sistema Internacional 10-20



Fuente: (Martín, 2015)

La cabeza se divide en seis zonas: frontopolar (Fp), frontal (F), central (C), parietal (P), occipital (O) y temporal (T). A los electrodos situados en el hemisferio izquierdo se les asigna números impares y a los situados en el hemisferio derecho se les asigna números pares. Los que se encuentran en la línea central se les asigna la letra z minúscula. Los electrodos de referencia suelen colocarse en las orejas (A1, A2).

Se fijan sensores especiales llamados electrodos en la cabeza. La computadora registra la actividad eléctrica del cerebro en la pantalla o puede registrar la actividad en papel en forma de líneas onduladas. La presencia de cambios en el patrón normal de la actividad eléctrica puede indicar ciertas afecciones en el estado de la persona como Epilepsia, Alzheimer y para realizar la medición del biopotencial dependiendo del estado en que se ponga la persona (Hagmann & Robertson, 2009).

Análisis. Una vez obtenida información por diferentes autores acerca de los tipos de señales biológicas presentes en el organismo humano se puede decir que la señal biológica es el producto de una actividad fisiológica provocado por la actividad que realiza el cuerpo, se

determina que existen tres tipos de señal biológica que permite medir el biopotencial eléctrico generado por el organismo las cuales son: la señal electrocardiográfica (ECG), la señal electromiográfica (EMG), y la señal electroencefalograma (EEG), cada una de las señales mencionada dispone de una técnica de medición, en el caso de la señal ECG el método que se utiliza para realizar la medición es el triángulo de Einthoven que representa la ubicación correcta de los electrodos, la señal EMG utiliza la técnica bipolar o monopolar que es el número de electrodos a ubicarse, mientras que la señal EEG utiliza la técnica basada en el sistema 10-20 que divide en dos e hemisferios la cabeza para la ubicación de los 21 electrodos estas técnicas mencionados permite obtener información mediante el uso del instrumento se puede identificar, registrar y monitorear en caso de que exista alguna anomalía.

10.2 Entrevista al médico o especialista en el tema de investigación

Una vez obtenida información acerca de las señales biológicas presentes en el organismo humano se procede a realizar una entrevista al especialista en el tema de investigación a continuación se presenta los datos de la especialista entrevistada.

Alicia carabalí. ali.carabali@gmail.com
 Ingeniera en Electrónica y Control. Msc Ingeniería Biomédica
 Docente en Escuela politécnica Nacional 2015- 2017.
 Actualmente, está cursando sus estudios de doctorado en la
 Universidad de Melbourne de Australia

Pregunta 1. Una señal biológica permite al médico extraer información sobre el funcionamiento de los diferentes órganos del cuerpo para poder emitir un diagnóstico, de acuerdo a esto, ¿conoce si existe una diferencia entre las señales biológicas de una persona completa y que otra que carece de una parte de su extremidad superior?

Según la Ing. Alicia Carabali manifestó que no existe ninguna diferencia debido a que el cerebro envía señales a través de los nervios a todo el cuerpo, si a la persona se practica una amputación de alguna parte de su extremidad superior, el cerebro sigue enviando señales solo que ya no existe los terminales nerviosos que reciban esas señales, entonces con el tiempo el cerebro genera el proceso de plasticidad que consiste en reconectar los terminales nerviosos de la parte amputada en otras partes del cuerpo o en la misma extremidad para crear una nueva sensación.

Pregunta 2. ¿Cuáles son las señales biológicas que pueden ser detectadas y medidas con mayor facilidad?

La Ing. Alicia Carabali menciona que los biopotenciales que permite realizar su medición son el Electrocardiograma que mide la señal eléctrica del corazón, el Electroencefalograma que mide la señal eléctrica del cerebro, pero la señal que puede ser medida con mayor facilidad es la señal Electromiograma que mide la actividad eléctrica que se genera en la contracción de un músculo.

Pregunta 3. ¿Cuáles son los sensores que usted conoce y que son utilizados para medir señales biológicas?

La Ing. Alicia Carabali dice, no existe un solo sensor que mida la señal eléctrica del cuerpo, pero en si para medir una señal biológica se utiliza un sistema de medición que mide cualquier señal biopotencial, el cual está formado por un sensor electrodo superficial o invasivo que capta el voltaje de la señal el cual es distorsionada por el ruido, para eso se utiliza un filtro que depende de la cantidad de hercios de la señal a medir y un amplificador que acondiciona su amplitud según lo que necesite.

Pregunta 4. ¿En la actualidad existen instrumentos comerciales que permiten medir señales biológicas, mencione las que usted conoce?

La Ing. Alicia Carabali, para medir la señal de EMG de los músculos el medico realiza un electromiograma que consiste en la utilización de aparatos como el Biometrics Delsys, Noraxon motion-labs, Biopac desde el punto de vista médica, pero si hacemos referencia a dispositivos que permitan realizar mediciones de manera un poca más sencilla el dispositivo comercial es el Myo Band que utiliza 8 sensores en forma de banda para el brazo y mide la señal eléctrica del musculo.

Pregunta 5. ¿De acuerdo a su punto de vista, mencione las ventajas y desventajas que experimenta una persona que hace uso de una prótesis?

Según la Ing. Alicia Carabali, las ventajas y desventajas que un usuario adquiere al momento utilizar una prótesis serían las siguientes.

Ventajas

Recupera algo de la autoestima.

La prótesis no será perfecta.

Recupera un poco de movilidad

Desventajas

No tendrá sensibilidad.

Recupera un poco de movilidad.

Puede causar fatiga.

Requiere de una terapia de aprendizaje.

No todas las personas pueden utilizar la prótesis.

Pregunta 6. ¿Conoce usted de algún proyecto a nivel nacional que se haya ejecutado o se esté desarrollando que permita la autonomía en el movimiento de una prótesis de extremidad superior mediante una señal biológica?

La Ing. Alicia Carabali menciona que conoce el proyecto llamado Hand of Hope de la Universidad Particular de Loja, en el que consiste el uso de electrodos mioeléctricos para detectar, amplificar y rectificar los biopotenciales musculares y provocar el movimiento de una prótesis a través de servomotores y sensores, el proyecto obtuvo el primer lugar en el concurso Proyecto Multimedia Ecuador 2014 y ganó el oro en el Internacional Computer Project Competition Infomatrix, que se realizó en Rumanía.

Análisis de la entrevista

La entrevista que se realizó a la Ing. Msc Alicia Carabali fue de gran aporte con ella se pudo conocer de una manera más razonable el tema de investigación que se está realizando, las respuestas de la ingeniera aclaró esas inquietudes que fueron apareciendo durante la investigación como fue el caso que existen varias señales biológicas en el cuerpo porque estas señales se presentan como una manifestación del estado actual del organismo aquellas señales

son biomédicas las cuales son tratados en la parte médica y no son considerados para la investigación.

La respuesta de la pregunta 2 acenta cierta tranquilidad al momento de mencionar que los biopotenciales eléctricos que permiten ser identificados y medidos con mayor facilidad para su posterior análisis son la señal ECG, la señal EMG y la señal EEG, asemejándose en gran parte a lo que se presentó con la investigación anteriormente.

La entrevista realizada permite complementar la información concretar una sola idea en general de lo que es la señal biológica mejor conocido como biopotencial y las señales con las que se puede obtener esa autonomía en el movimiento de la prótesis.

10.3 Checklist de la información recopilada

Una vez identificado, realizando la investigación de las señales biológicas y las entrevistas se procede a recopilar una información rápida en el checklist como cumplimiento de las actividades realizadas

Tabla 5: Checklist de información

ACTIVIDAD						Cumple		
Investigación de los tipos de señales biológicas en fuentes bibliográficas						SI	NO	
Descripción de la actividad Se determina las señales biopotenciales que permiten realizar mediciones al momento de ser identificados en el cuerpo.								
Biosñal	Señal ECG	Mide la actividad eléctrica cardíaca del corazón	Cumple Si No		Señal Bioacústica	Eventos biológicos producen ruido acústico como es el flujo de la sangre en el corazón.		X
	Señal EMG	Mide la actividad eléctrica del musculo	X		Señal biomagnética	Los órganos, como el cerebro, el corazón y los pulmones, producen campos magnéticos.		X
					Señal bioquímica	Determinación de los estados, como niveles de glucosa, lactosa, metabolitos, y proporcionan información acerca de la función de los sistemas fisiológicos.		X
	Señal EEG	Mide la actividad eléctrica del cerebro	X		Señal biomecánica	Resultan del esfuerzo físico que produce el cuerpo humano haciendo que la sangre fluya hacia el cerebro provocando una presión sanguínea.		X
Entrevistar al especialista						Cumple		
Descripción de la actividad La entrevista al especialista se realizó para relacionar la información obtenida en la investigación bibliográfica con la respuesta que proporciona el especialista.						SI	No	
Especialista	Dra. Lucia Riquelme	Resumen del resultado obtenido Una vez terminada la entrevista, se sabe que una señal biológica viene hacer el resultado de una actividad que realiza el cuerpo humano y que cumple la función de transmitir información por medio de los tejidos a los diferentes órganos y sistemas del cuerpo, también mencionó que existe señales en el cerebro que son generados debido a la concentración o meditación que realiza la persona estas señales son conocidas como ritmos cerebrales, y para su respectiva medición y control se lo realiza mediante exámenes médicos como el electroencefalograma.					X	
	Dr. Jorge Camacho	Resumen del resultado obtenido Una señal biológica llamado en medicina convencional como sintomatología es una forma de dar a conocer el cuerpo humano su circunstancia intrínseca, que es lo que está pasando dentro del organismo. Para conocer el estado del cuerpo necesariamente se tiene cualificar y cuantificar la señal biológica a través de varios aparatos médicos. Como por ejemplo para explorar el corazón se realiza un electrocardiograma que indica el estado cardiaco mediante una gráfica en un papel cuadriculado especificando que es lo que se debe hacer para resolver ese tipo de problema que brinda esa señal biológica.					X	
	Ing. Msc. Alicia Carabalí	Resumen del resultado obtenido Una vez terminada la entrevista a la ingeniera se tiene una información más clara y concreta para seguir avanzando con el proyecto. La información que se obtuvo por parte de la ingeniera fue de gran ayuda para conocer desde un punto de vista profesional cuáles son esas señales biopotencial que se puede medir para llegar a obtener una relación prótesis y cuerpo humano mediante la señal medida. Para realizar esta medición a las señal biológica la ingeniera dio a conocer acerca de un instrumento comercial que estaba pasando por desapercibido como es el Myo band en forma de pulsera que es colocada en una de sus extremidades superiores y mide la señal electromiográfica que es generada por la contracción de los músculos, esta sugerencia será incorporada en el transcurso de la investigación, otra respuesta mencionada por la ingeniera que resalto fue la del sistema de medición de señal biopotencial que está conformado de un sensor electrodo superficial o invasivo de un filtro que varía la frecuencia dependiendo de la señal a medir y de un amplificador que acondiciona la señal biopotencial, y menciono que no existía un solo sensor que realizara este proceso.				X		

Fuente: Elaboración propia

Análisis. En el Checklist está registrado la información obtenida a través de las fuentes bibliográficas y de la información que se obtuvo de las entrevistas, el cual puede ser utilizado como información rápida para investigaciones futuras, cabe mencionar que las entrevistas que se establecieron como no cumple permitieron entender que es una señal biológica y el comportamiento dentro del cuerpo desde el punto de vista médica.

10.4 Determinación de la señal biológica

Una vez obtenido la información acerca del biopotencial eléctrico se procede a realizar una tabla comparativa de criterios que permitan identificar la mejor señal biopotencial, para lo cual los criterios de las alternativas se ponderan en intervalos de 0 al 3 de acuerdo al grado de importancia.

Tabla 6: Nivel de ponderación para la identificación de le una señal biológica

Criterios	Nivel de ponderación			
Características de los instrumentos	0	1	2	3

Fuente: Elaboración propia

En donde:

Nivel 0: no cumple

Nivel 1: cumple con algún error / bueno

Nivel 2: cumple correctamente /muy bueno

Nivel 3: cumple notablemente / excelente

A Continuación, la tabla 7 muestra los valores establecidos dependiendo del grado de importancia de los criterios determinados para la selección de la señal.

Tabla 7: Evaluación de las características de la señal l biológica

Criterio	Señal ECG	Señal EMG		Señal EEG
		Superficial	Aguja	
Nivel de voltaje	0.5 a 8 mV	0.1 a 1mV	1 a 5mV	5 a 300 mV
	1	2	2	3
Z electrodos	1 Ω a 100k Ω (media alta)	De 200 Ω a 5k Ω (baja media)	De 100k Ω	De 100 a 500k (alta)
	1	1	2	3
Tipo de electrodo	De superficie	Electrodo superficial	Electrodo de aguja	Electrodo copa electrodo subcutáneo
	3	3	1	3
Ancho de banda	0.05 a 100 Hz	50Hz a 2Khz	0.05Hz a 10KHz	0.05 a 300Hz
	1	2	2	2
Técnica de medición	No invasivo Triángulo de Einthoven	No invasivo Monopolar/ Bipolar	Invasivo Monopolar/ bipolar	No invasivo Sistema 10-20
	2	2	2	2
Proyectos vinculados con el movimiento de una prótesis	No	Si	Si	Si
	0	3	3	3
Resultado según la entrevista	Medición factible	Fácil de detectar	Fácil de detectar	Varias mediciones
	2	2	2	2
Total, ponderado	9	15	14	18

Fuente: Elaboración propia

Análisis. Para la selección de la señal biopotencial se tomó en cuenta el valor asignado al criterio que se estableció dependiendo de las características que tiene cada señal que se obtuvieron mediante la investigación y la entrevista. Seleccionando como la mejor alternativa la utilización de una señal Electroencefalograma EEG que tiene un valor total ponderado de 18 puntos la señal EEG dispone de un nivel de voltaje mínimo de 5mV hasta un máximo de

300mV, proporcionando varios ritmos cerebrales en las que se puede realizar la medición y la frecuencia que varía dependiendo del ritmo a medir.

Cabe mencionar que existen proyectos enfocados, mencionados en los antecedentes, para la movilidad de una prótesis mediante la medición de la señal electroencefalograma EEG lo cual favorece su elección.

10.5 Instrumentos comerciales existentes para la medición de señales biológicas

Un instrumento es la encargada de medir, registrar y almacenar cualquier variable fisiológica de origen mecánico, hidráulico, neumático, térmico, eléctrico empleando la más adecuada técnica de tratamiento de señales por procedimientos analógicos digitales. Entre las cuales se puede mencionar los siguientes dispositivos electrónicos de la compañía NeuroSky, que permite medir y registrar la señal biológica expuesta en el cuerpo humano.

1. EEG portable Movil-72
2. EEG portable Nautilus
3. Emotiv Epoc
4. Mindwave Mobile
5. Muse
6. Emotiv Insight
7. Diadema B-Alert X10
8. Myo Armband

➤ EEG Portable Movil-72

El Movil-72 es un sistema de alta densidad ultra portable donde todo el sistema se ajusta a un gorro que pesa 250gramos proporcionando total libertad a la persona, el gorro utiliza electrodos de Ag y AgCl para mediciones de señales que se localizan mediante un examen EEG de alta calidad (Garcia R. , 2014).

El instrumento portable es adecuado para realizar estudios que implican movimientos corporales sin restricciones o fuera de un laboratorio en entornos reales. Incluye también un sistema blindado avanzado de electrónica avanzada que ofrece un nivel de alta calidad de la señal en todos los ambientes e incluso en condiciones ambulatorias.

Figura 18: EEG Portable Movil-72



Fuente: (Garcia R. , 2014)

El dispositivo Movil-72, frecuentemente es utilizado por médicos especialistas en un examen electroencefalograma que permite identificar de una manera no invasiva si el estado del cerebro de la persona se está generando o ya tiene alguna anomalía.

➤ **Portable de señales EEG Nautilus**

Su diseño es diferente de todos los demás dispositivos es pequeño y ligero se une al gorro de EEG sin el uso de cables y permitir movimientos completamente libres por parte del usuario (Garcia R. , 2014).

El sistema cuenta con una batería de iones de litio incorporada que permite grabaciones de hasta 10 horas, el dispositivo es impermeable que permite una fácil limpieza de los electrodos junto con la tapa sin necesidad de desconectar o desmontar algún elemento, permite transmitir los datos a través de la banda de 2.4 GHz con un rango de funcionamiento de unos 10 metros

Figura 19: EEG Portable Nautilus



Fuente: (Garcia R. , 2014)

EEG Portable Nautilus es utilizado para la investigación o uso clínico utilizando el sistema de nube “NUBE” para la recopilación de datos experimentales medidos de la superficie del cráneo para guardar los datos se utiliza una tarjeta microSD sin conexión e incluso permite fijar y mover en varias posiciones para medir las regiones frontal, occipital y temporal, el tejido con el que está elaborado es elástico totalmente ergonómico y se lo puede adaptar para cualquier tamaño.

➤ **Emotiv EPOC**

El equipo Emotiv EPOC, es un sistema de detección neuroeléctrica que capta y amplifica ondas cerebrales generadas por diferentes “acciones” mentales. Este dispositivo es capaz de obtener las señales de los 14 canales: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4, basándose en el sistema internacional 10-20, el cual es un método aprobado para describir la ubicación de electrodos en el cuero cabelludo. (Chavez, Torres, Herrera, & Hernandez, 2016).

La compañía Norteamérica Emotiv Systems en el año 2009 ha presentado Emotiv EPOC, el primer controlador basado en reconocimiento neuronal que captura y procesa señales eléctricas generadas por el cerebro, permitiendo estimar algunos datos del usuario. En principio está programado para interactuar en videojuegos mediante el pensamiento consciente, las expresiones y las emociones que se registran en el subconsciente de la persona. La tecnología de Emotiv procesa las señales eléctricas recogidas en diferentes puntos del cerebro mediante electroencefalografía no invasiva, de forma que dispara diferentes expresiones, acciones y gestos del personaje del videojuego. (Pato, 2009). A continuación, se muestra el dispositivo electrónico Emotiv EPOC.

Figura 20: Emotiv EPOC



Fuente: (Chavez, Torres, Herrera, & Hernandez, 2016).

El dispositivo Emotiv EPOC dispone de 14 canales, donde los electrodos requieren de conexión salina a partir de un gel que incrementa la conectividad con el cuero cabelludo. mediante un sistema BCI permite adaptar al organismo para realizar un tipo de movimiento de una parte artificial de extremidad superior de acuerdo diferentes patrones que se registran en un computador, estos movimientos son generados mediante las señales magnéticas que se encuentran en el cerebro y mediante el dispositivo son procesados para emitir ordenes de movimiento en su extremidad superior favoreciendo a personas que carecen de una parte de la extremidad superior.

➤ **MindWave Móvil**

Neurosky lanza al mercado el dispositivo electrónico Mindwave es una diadema que recoge la actividad eléctrica del cerebro y divide la señal según la frecuencia en diversos tipos de ondas, lo que nos permite inferir en nuestro estado mental. El registro de dicha actividad se hace con la configuración de referencia común, dado que solo tenemos un único canal y el electrodo esta referenciado con el potencial de nuestra oreja. Desafortunadamente el cuerpo produce una gran cantidad ruido eléctrico, además de la actividad que viene de nuestro 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. (Martin, 2015, pág. 24).

Su objetivo es utilizar el cerebro como interfaz de comunicación con la máquina. Convierte las ondas cerebrales eléctricas y los procesos analógicos en señales digitales para hacer que

las mediciones estén disponibles para alimentar la interfaz de usuario de juegos, computadoras y aplicaciones de investigación médica (Heidrich, Jensen, Rebelo, & Oliveira, 2015).

- Fácil de usar.
- No invasivo.
- Solo sensor seco.
- Permite la movilidad.
- Acceso a los datos sin procesar o los datos filtrados a través de algoritmos optimizados.
- Plataforma abierta para cualquier industria.

Figura 21: Dispositivo Mindwave



Fuente: (Martin, 2015, pág. 24)

Mindwave es un dispositivo electrónico que a diferencia del Emotiv EPOC solo cuenta con un electrodo colocado en la frente que adquiere las señales generadas por el cerebro como son Alfa Theta Beta y Delta, además, cuenta con un terminal de referencia se conecta con el lóbulo de la oreja. Que pueden ser registrados por un BCI en una computadora para su interpretación y adaptarlos para el movimiento de una prótesis de extremidad superior.

➤ **Dispositivo Muse**

Muse es otro sistema parecido a MindWave que nos ofrece, por 199 dólares, la posibilidad de establecer una conexión entre nuestras ondas cerebrales y nuestro ordenador, nuestra tableta o nuestro smartphone. Este sistema dispone de una conexión Bluetooth y se encarga de realizar

un electroencefalograma para medir la actividad de nuestro cerebro y enviarla a nuestro ordenador para procesarla y traducirla a órdenes o comandos (Pato, 2009).

Eso es precisamente lo que pretende conseguir el dispositivo Muse enseñarnos a llegar al punto de la calma y la tranquilidad mediante terapias de relajación desde la comodidad de tu hogar. Lo único que necesitas es una banda que se coloca en tu frente y la aplicación del dispositivo para tu teléfono o tableta.

La banda Muse, parecida a la montura de un par de lentes, posee siete sensores que funcionan como un electroencefalograma que detecta las ondas de tu cerebro. InteraXon, la compañía fabricante del Muse, asegura que su dispositivo sólo registra la actividad cerebral del individuo y no envía ningún tipo de impulsos al cerebro.

Esta información cerebral es utilizada luego por la aplicación para poder guiarte durante la terapia, y enseñarte, a través de la respiración y la concentración, a conseguir el mayor número posible de momentos de calma (García R. , 2014).

Figura 22: Dispositivo Muse



Fuente: (Pato, 2009)

Este tipo de dispositivo electrónico Muse tiene una gran similitud en apariencia y conectividad con el anterior dispositivo Mindwave que es utilizado para aplicaciones de entretenimiento mediante la concentración y relajación del usuario.

➤ **Emotiv Insight**

Es un auricular móvil de ECG de cinco canales que registran ondas cerebrales y las traduce en datos significativos que puedan entender. Está diseñado para uso extendido en investigación de campo, BCI y casos avanzados de auto evacuación. Insight cuenta con electrónica avanzada que es totalmente optimizada para producir señales limpias y robustas en cualquier momento y cualquier lugar (Garcia J. , 2017). La ubicación de los electrodos es la parte izquierda del cráneo AF3, AF4, T7, T8, como establece el sistema 10-20.

Figura 23: Emotiv Insight



Fuente: (Garcia J. , 2017)

Es el único dispositivo en su categoría que ofrece cinco sensores ECG más dos sensores de referencia, el Sensor de 9 ejes (3x giroscopio, acelerómetro 3x, magnetómetro 3x), su conectividad se realiza con un receptor USB personalizado) Bluetooth (r) SMART 4.0 LE y su batería interna es una Batería Li-poly, 480 mAh

Hasta 8 horas con tecnología inalámbrica patentada hasta 4 horas usando el modo SMART de Bluetooth. Esta alta resolución espacial proporciona información en profundidad sobre su actividad cerebral Insight presenta un diseño elegante ligero y fácil de usar.

➤ **Diadema B-Alert X10**

Un dispositivo electrónico que se pudo encontrar es la diadema BX10 que posee un sistema con una solución para aplicaciones móviles de EEG, que ofrece un equilibrio de funcionalidad y simplicidad. El auricular es ligero se coloca fácilmente y sigue siendo cómodo para grabaciones de alta calidad extendidas en cualquier lugar, laboratorio o entorno operativo, posee una combinación de nueve canales de EEG de línea media y lateral (Garcia J. , 2017).

Figura 24: Diadema B-Alert X10



Fuente: (Garcia J. , 2017)

Es un dispositivo ergonómico que tiene la opción de ajustar al tamaño de la cabeza que se configura en diez minutos, tiene integrado un control automatizados de impedancia inalámbrica que permite la transmisión de la señal captada además cuenta con una conexión bluetooth a una distancia de hasta diez metros y posee una batería recargable con una duración de ocho horas.

➤ **Myo Armband**

Es un brazalete que lee la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo o brazo, para controlar distintas tecnologías mediante gestos y movimientos de manera inalámbrica. Este puede ser utilizado tanto para entretenimiento y control de presentaciones como interpretación de lenguaje de señas y control de prótesis (Gorosito & Jara, 2017).

Figura 25: Dispositivo Myo Armband



Fuente: (Gorosito & Jara, 2017).

Si bien el aparato está diseñado para ser utilizado en miembros superiores, gracias a su capacidad de leer la actividad muscular, podría ser utilizado en los miembros inferiores. Sin embargo, se perdería la función de reconocimiento de gestos debido a que el Myo está específicamente calibrado para trabajar con la musculatura particular del brazo. El dispositivo es fabricado por Thalmic Labs, una joven empresa situada en Ontario Canadá, y cuyo producto (único por el momento) comenzó a desarrollarse dentro del marco de un proyecto integrador. Una de las grandes ventajas que presenta el brazalete Myo y que a su vez brinda Thalmic Labs es la modalidad Open Source. Esto permite que cada persona que desee utilizar el equipo para cierta aplicación pueda sentarse a desarrollar un código para hacerlo posible.



El dispositivo Myo está compuesto de un elastómero flexible y durable, muy utilizado en brazaletes. Este material permite modificar el perímetro interno del mismo desde 19cm hasta 34cm. Además, tiene un grosor de 1.14 cm, con un peso total de 93gr

Análisis. En la actualidad los dispositivos mencionados se los puede adquirir fácilmente a través de la página web Amazon, que es la compañía que comercializa dispositivos con tecnología actual. Se observa claramente que un dispositivo posee características diferente al otro, pero todos son generados mediante una señal biológica solo depende de la economía del usuario. Cabe mencionar que cada dispositivo son diseñados con una función establecida por ejemplo el Mindwave es diseñado para entretenimiento como juegos que son controlados por señales generadas en el cerebro o también se menciona el dispositivo Muse que fue diseñado para que las personas encuentre el punto de equilibrio de relajación, pero con aplicación adecuada y los instrumentos necesarios se puede utilizar los dispositivos para que cumpla la función de movimiento de una prótesis de extremidad superior.

10.6 Características de los instrumentos de medición de señal biológica.

Una vez obtenida información acerca de los instrumentos de medición y control para la señal biológica se presenta una comparación de las principales características de los diferentes dispositivos

Tabla 8: Características de instrumentos de medición de señal biológica

Instrumento/dispositivo	Creado por	Características
<p>EEG portable Movil-72</p> 	Cognionics	<ul style="list-style-type: none"> • El gorro utiliza electrodos de Ag y AgCl. • Se utiliza para mediciones de señales EEG de alta calidad. • El peso aproximado es 250gramos. • Sistema que proporciona total libertad a la persona. • Batería de Iones de litio.
<p>EEG portable Nautilus</p> 	G.tec Médical Engineering	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema cuenta con una batería de iones de litio incorporada que permite grabaciones de hasta 8 horas. • Electrodo de EEG secos basados en gel • El dispositivo es impermeable que permite una fácil limpieza de los electrodos junto con la tapa sin necesidad de desconectar o desmontar algún elemento. • Permite transmitir los datos a través de la banda de 2.4 GHz con un rango de funcionamiento de unos 10 metros.
<p>Emotiv EPOC</p> 	Emotiv	<ul style="list-style-type: none"> • 14 electrodos y 2 sensores. • Giroscopio. • Conexión inalámbrico wifi. • Receptor compatible con USB. • Batería de litio, duración 12 horas.
<p>Mindwave Mobile</p> 	Neurosky	<ul style="list-style-type: none"> • Batería AAA con duración de 10 horas. • Ligero. • Conexión inalámbrico wifi. • Usa sensores pasivos. • Adquiere señales de 0.5 a 50 Hz. • Medición de atención. Meditación y parpadeo.
<p>Muse</p> 	InterXon	<ul style="list-style-type: none"> • Arreglo lineal de 4 electrodos. • Conectividad Bluetooth. • Tiempo de autonomía 10 horas • Comunicación con aplicaciones para Android y iOS.

<p>Emotiv Insight</p> 	<p>Emotiv</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Batería Li-poly, 480 mAh. • Hasta 8 horas con tecnología inalámbrica patentada. • Hasta 4 horas usando el modo SMART de Bluetooth. • Receptor USB personalizado) Bluetooth. • Sensor de 9 ejes (3x giroscopio, acelerómetro 3x, magnetómetro 3).
<p>Diadema B-Alert X10</p> 	<p>N/A</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo ergonómico se ajusta al tamaño de la cabeza. • Se configura en diez minutos. • Tiene integrado un control automatizados de impedancia inalámbrica que permite la transmisión de la señal captada. • Conexión bluetooth a una distancia de hasta diez metros. • Batería recargable con una duración de ocho horas.
<p>Myo Armband</p> 	<p>Thalnic Labs</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El brazalete posee 8 sensores de electromiografía (EMG), que lee la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo. • Los datos, los envía a través de la tecnología Bluetooth 4.0 • Permite compatibilidad con distintos sistemas operativos, como Windows, OS X, IOS y Android. En particular, Windows 7, 8 y 10; OS X 10.8 • Cuenta con sensores EMG de acero inoxidable de grado médico.

Fuente: Elaboración propia

Análisis. Mediante el cuadro de características expuesta se presenta los diferentes dispositivos comerciales para la medición y control de la señal biológica. Analizando las características se encontró cierta similitud entre dispositivos como el Maus Interaxon el Emotiv Epoc y el Mindwave que comparte la información adquirida del electroencefalograma y la transmite a una PC mediante conexión inalámbrica como lo es wifi o bluetooth y brindan un tiempo de uso continuo superior a las 10 horas, aunque sólo el dispositivo MindWave Mobile utiliza una

sola batería AAA, una medida estándar disponible en supermercados, lo cual facilita su adquisición.

Por otro lado, los dispositivos Emotiv Epoc y Muse Interaxon los dos poseen batería de Li-Ion, que al corto plazo se traduce en menor costo, pero al mediano y largo plazo resultaría una pérdida ya que no hay soporte técnico para el reemplazo de la batería, lo cual significa que muy probablemente se requerirá un cambio de equipo una vez agotada su vida útil. pero para mayor efectividad se tendrá que determinar los beneficios que nos ofrece cada uno de estos dispositivos y a su vez investigar el costo de adquisición de los dispositivos de acuerdo al presupuesto económico del usuario.

10.7 Cotización y beneficios de los instrumentos de medición de señal biológica existentes

Los dispositivos electrónicos que se mencionaron anteriormente tienen incorporado el sistema BCI se los puede adquirir libremente ya que la utilización de dichos dispositivos no es compleja y el valor varía dependiendo de las características del dispositivo, a continuación se muestra el costo de los dispositivos comerciales según la página web Amazon, cabe mencionar que los costos expuesto en la tabla 6 no incluye el costo de envío o transporte (<https://www.amazon.com>, s.f.).

Tabla 9: Cotización y beneficios de los instrumentos de medición de señal biológica

BENEFICIO Y COSTO DE LOS INSTRUMENTOS								
Instrumento	EEG portable Movil-72	Portable de señales EEG Nautilus	Emotiv Epoc	Mindwave Mobile	Muse	Emotiv Insight	Diadema B-Alert X10	Myo Armband
BENEFICIO	El sistema portable es adecuado para estudios que involucran movimientos corporales.	G.tec ofrece dispositivos inalámbricos con cables flexibles para configurar las posiciones de los electrodos como desee.	Monitorea los cuatro ritmos del cerebro mediante los electrodos para procesar esa información y generen órdenes específicas.	Mide y emite de manera segura los espectros de potencia EEG (ondas alfa, ondas beta, etc.).	Es la primera herramienta en el mundo que puede brindarte retroalimentación precisa y en tiempo real sobre lo que está sucediendo en tu cerebro mientras meditas.	Diseñado para el uso diario, cuenta con una electrónica avanzada que está totalmente optimizada para producir señales limpias y robustas en cualquier momento y en cualquier lugar.	El auricular es ligero se coloca fácilmente y sigue siendo cómodo para grabaciones de alta calidad extendidas en cualquier lugar, laboratorio o entorno operativo.	Información se procesa internamente para la detección de un gesto o un movimiento realizado por la mano y/o antebrazo.
	Incluye un sistema blindado avanzado electrónica que ofrece un nivel alto de calidad de la señal captada en cualquier ambiente	Una versión de electrodo seco basada en los electrodos g. SAHARA probados en todo el mundo está disponible con 8/16/32/64 canales. La versión multiuso de G. Nautilus le permite adquirir EEG y otras	Tiene incorporado el Suite expresiva que permite identificar y registrar gestos como sonreír, parpadear y guiñar para. El dispositivo posee 14 electrodos y 2 sensores que	Permite adquirir señales cerebrales de 0.5 a 50 Hz. Enfocado en el control y medición de atención.	Herramienta de acondicionamiento cerebral que mide las señales cerebrales de forma similar a como un monitor de ritmo cardíaco detecta los latidos del corazón. Muse es la primera herramienta en el mundo	Insight es el único dispositivo en la categoría de EEG del consumidor que mide la actividad de todos los lóbulos corticales del cerebro. Proporcionando información en profundidad que generalmente solo se encuentra	Posee una combinación de nueve canales de EEG de línea media y lateral. Ofrece un equilibrio de funcionalidad y simplicidad con un sistema con una	Myo puede ser emparejado a varios dispositivos al mismo tiempo, aunque solo controlara uno solo a la vez. El dispositivo Myo está compuesto de un elastómero flexible y durable,

		señales simultáneamente	permite la mayor captación de información encefalografía.	meditación y parpadeo. La instalación y configuración son muy sencillas, debido a que hay muy poco a configurar.	que puede brindarte información precisa y en tiempo real sobre lo que está sucediendo en tu cerebro mientras meditas.	en dispositivos de investigación.	solución para aplicaciones móviles de EEG.	muy utilizado en brazaletes. Este material permite modificar el perímetro interno del mismo desde 19cm hasta 34cm.
COSTO (\$)	N/A	5.137,36	456.96.00	100.00	158.00	299.00	300.00	427.00

Fuente: Elaboración propia

Análisis. La investigación que se realizó anteriormente acerca de los instrumentos comerciales de medición de señal biológica permite identificar los beneficios que ofrece cada instrumento en la tabla mostrada se puede visualizar que los beneficios aumentan dependiendo del costo del instrumento, entonces el usuario podrá decidir un instrumento de acuerdo a su prioridad. En el caso del instrumento EEG portable Movil-72, no cuenta con un costo de adquisición de igual manera no presenta una gran cantidad de beneficios este tipo de instrumento es utilizado más en parte medica al momento de realizar un examen electroencefalograma.

Los Instrumentos como Portable se señales EEG Nautilus y la diadema B-AlertX10 aporta con los beneficios necesarios para su utilización, pero por los factores como el costo, diseño y el modo de uso complejo no se optaría por este instrumento.

Los instrumentos como el Emotiv Insight y Muse son instrumentos enfocados a la adquisición de señales beta del cerebro que permiten medir mediante la concentración y el nivel de relajación que tiene el usuario. El instrumento MYO mide las señales que son generados por la actividad muscular del antebrazo es compatible con diferentes dispositivos y con las características que tiene se puede adaptar a una prótesis para que cumpla la función de movimiento y además el costo de adquisición es considerado.

La identificación de cada instrumento permite conocer las características y el costo de adquisición de cada uno, para así poder realizar una tabla de comparación que permitan seleccionar el instrumento adecuado para la dedición de biopotencial, dependiendo de las características que ofrece cada instrumento.

10.8 Comparación de los instrumentos de medición de señales biológicas para identificar el dispositivo que mayor beneficio ofrezca al usuario

La siguiente tabla representa la comparación de las características de cada uno de los instrumentos comerciales que se determinó anteriormente, la Tabla 10 permite al especialista identificar la mejor alternativa para la construcción de la prótesis dependiendo del resultado obteniendo al sumar los valores asignados de acuerdo a las características del instrumento.

Tabla 10: Comparación costo beneficio de instrumentos comerciales

COMPARACIÓN COSTO BENEFICIO DE INSTRUMENTOS ELECTRONICOS COMERCIALES								
Instrumento	Portable EEG Movil-72	Portable EEG Nautilus	Emotiv Epoc	Mindwave Mobile	Muse	Emotiv Insight	Diadema B-Alert X10	Myo
Tipo de batería	N/A	Incorporada de Iones de litio	Interna de Iones de Litio	Una sola batería AAA	Interna de polímero de Litio	Interna de polímero de litio	Li-ION 40 mA @ 3.7 V	Ion de litio
Duración de la batería	N/A	10 horas	12 horas	8 horas	4 horas	8 horas con el receptor USB, 4 horas con Bluetooth	8 horas	24 horas
Número de electrodos	Sistema10-20	Disponible con 8/16/32/64 canales	14	1	7	5	9 canales de EEG más 1 canal opcional para ECG, EMG	8
Tipo de conexión	Conectividad USB	Conectada a la PC a través de USB	Bluetooth USB	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth USB	Bluetooth transmisión up to 10meters	Bluetooth
Señal biológica medida	Ritmo Alpha (8-13 Hz)	Señal EEG	Los 4 Ritmos cerebrales en alta resolución	Los 4 Ritmos cerebrales	Los 4 Ritmos cerebrales Delta, Theta, Alpha, Beta	Ritmo Betha	Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma	Señal EMG
Tipo de electrodo	Electrodos de Ag y AgCl a base de gel	Electrodo con gel	Electrodo superficial	Utiliza 2 sensores frontopolar y en el lóbulo	N/A	N/A	Electrodo superficial	Sensores EMG de ace-ro inoxidable
Peso (gramos)	250gr	N/A	11.19 gr	90 gr	60 gr	N/A	Auricular liviano	93 gr
Proyectos relacionados	N/A	N/A	si	si	N/A	si	N/A	si
Frecuencia de muestreo	N/A	Recisión de 24 bits a una frecuencia de muestreo de 500 Hz	Frecuencia de muestreo: 0/32/64 Hz (configurado por el usuario)	2.420 – 2.471 Ghz	N/A	128 muestras por segundo	N/A	N/A
Compatible con sistemas operativos	N/A	N/A	Windows: 7,8,10 Android: 4.43	Windows XP,7,8,10 Android 2.3 o posterior iOS 8 o posterior Mac	Dispositivos moviles, androids	Windows XP,7,8,10 Android 2.3 o posterior iOS 8 o posterior Mac	Windows 8, 7, and XP, PC with 2.0 GHz or higher processor & 1 GB of RAM	Windows, OS X, IOS y Android

Fuente: Elaboración propia

Entonces para identificar la mejor alternativa de medición de biopotencial se utiliza la siguiente tabla de ponderación que permite valorar los criterios de las alternativas en intervalos de 0 al 3 de acuerdo al grado de importancia que se apliquen a los criterios establecidos.

Tabla 11: Nivel de ponderación

Criterios	Nivel de ponderación			
Características de los instrumentos	0	1	2	3

Fuente: Elaboración propia

En donde:

Nivel 0: no cumple

Nivel 1: cumple con algún error / bueno

Nivel 2: cumple correctamente /muy bueno

Nivel 3: cumple notablemente / excelente

La Tabla 12 muestra los valores que fueron asignados por cada características de los instrumentos, el valor de los criterios fueron asignados dependiendo de la comparaciones de la Tabla 10 que se realizó anteriormente.

Tabla 12: Evaluación de las características

Criterio	Portable EEG Movil-72	Portable EEG Nautilus	Emotiv Epoc	MindWave	Muse	Emotiv Insight	Diadema B-Alert X10	Myo Armband
Tipo de batería	0	2	2	3	2	2	2	2
Duración de la batería	0	3	3	2	1	2	2	3
Número de electrodos	3	3	3	1	2	2	2	3
Tipo de conexión	1	2	3	2	2	3	2	2
Señal biológica medida	1	2	3	3	3	1	3	1
Tipo de electrodo	3	1	1	2	0	0	1	2
Peso (gramos)	2	0	2	3	2	2	0	3
Proyectos relacionados	0	0	0	3	0	3	0	3
Compatible con sistemas operativo	1	1	2	3	2	3	3	3
Costo de adquirir	0	1	1	3	3	2	2	2
Total, ponderado	11	15	20	25	17	20	17	24

Fuente: Elaboración propia

Análisis.

Una vez realizado la evaluación entre las características que presenta los instrumentos portátiles para la medición de biopotencial se puede determinar claramente que los beneficios se obtienen dependiendo del costo de adquisición del dispositivo, entonces, si deseamos tener una mayor eficacia por parte del dispositivo se tendría un costo de adquisición muy elevado.

El número de electrodos que posee cada dispositivo es de suma importancia al momento de seleccionar un dispositivo, después de analizar la Tabla 10 se puede decir que existen dispositivos que tienen incorporados hasta 14 electrodos superficiales como es el caso del dispositivo Emotiv Epoc a diferencia del dispositivo Mindwave que solo tiene un electrodo, cabe mencionar que el número de electrodos que posee un dispositivo se nota reflejado al momento de realizar las mediciones de la señal biológica presentando un resultado más amplio y más útil para el usuario. También se puede decir que la característica del peso de los instrumentos influye a la hora de decidir por un dispositivo, existen instrumentos como el Emotiv Insight que tiene un peso aproximado de 1.11gramos contra el instrumento muse Interaxon que llega a pesar 300 gramos.

En conclusión, el instrumento Mindwave Móvil llama la atención por su costo de adquisición accesible permitiendo la medición de la señal biológica EEG de los cuatro ritmos cerebrales al igual que los demás dispositivos, su diseño ergonómico en forma de diadema su manera sencilla de instalación favorece mucho para su utilización con un peso aproximado de 90 gramos permite tener mayor autonomía por parte del usuario, el inconveniente que existiría en el dispositivo es que cuenta con un tiempo máximo para realizar las mediciones de la señal biológica debido que la batería que utiliza tiene una duración de 8 horas, por tal motivo expresa el valor más alto 25 puntos en el total de ponderado inclinándose por la selección del Mindwave como mejor alternativa para la medición de una señal EEG.

10.9 Aplicación de una entrevista a personas discapacitadas

Con la aplicación de la entrevista (ver anexo 1), se pretende determinar cuáles son los criterios o características que las personas con una discapacidad física en su extremidad superior tomaron o tomarían en cuenta para la selección de una prótesis.

Tamaño de la muestra:

Ecuación 1: Tamaño de la muestra para poblaciones finitas

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{Z^2pq}}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

e = Margen de error.

z = Errores típicos

p = Proporción de respuestas en una categoría.

q = Proporción de respuestas en la otra categoría.

Se estableció como tamaño de población de 1150 personas en Latacunga, considerando que este dato estadístico hace referencia a todas las personas con discapacidad física en su extremidad superior, estableciendo un margen de error del 0,10 %, con un margen de confianza del 95 % es decir con $z = 1,96$, y con p y q de 0,5 respectivamente, se obtiene.

$$n = \frac{1150}{1 + \frac{0,10^2(1150-1)}{1,96^2 0,05 * 0,05}}$$

n= 89 encuestas

Después de la aplicación de la fórmula para conocer el número de encuestas a aplicar, se obtuvo un resultado de 89, tornándose una tarea difícil el identificar y dar con el paradero de ese número de personas, cabe indicar que se realizó las gestiones necesarias visitando las instalaciones del Hospital General y del IESS de la ciudad, la escasa colaboración por parte de las autoridades de las instituciones acercadas fue uno de los factores para no cumplir con el tamaño total de la muestra provocando demoras en la terminación de la investigación.

Con el aporte de fuentes secundarias se obtuvo a 5 personas aptas para la encuesta personas que carecen de su extremidad superior. A continuación, se detallan los resultados obtenidos de la encuesta.

Análisis de los resultados

Pregunta 1: ¿Utiliza una prótesis para reemplazar la parte faltante de su extremidad superior?

Tabla 13: Resultados tabulado, pregunta 1

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	80%
No	1	20%
Total	5	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Estadística gráfica, pregunta 1



Fuente: Elaboración propia

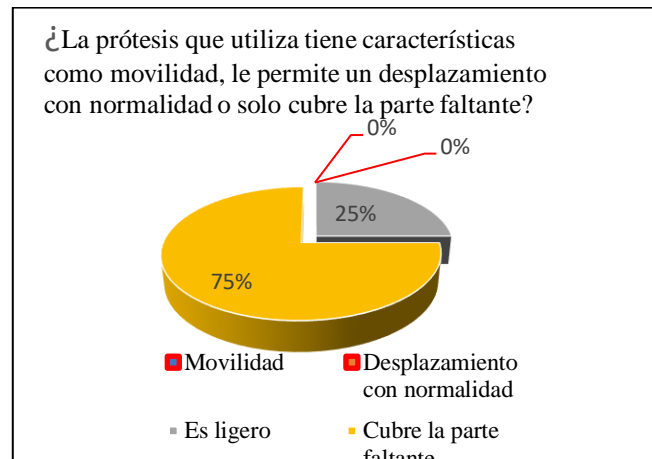
Análisis: El 80% de los encuestados menciona que utiliza una prótesis para cubrir la parte de la extremidad superior faltante y un 20% dijo que no ha llegado a utilizar el artefacto artificial debido ciertos factores que se mencionaran adelante.

Pregunta 2: ¿La prótesis que utiliza tiene características como movilidad, le permite un desplazamiento con normalidad o solo cubre la parte faltante?

Tabla 14: Resultados tabulado, pregunta 2

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Movilidad	0	0%
Desplazamiento con normalidad	0	0%
Es ligero	1	25%
Cubre la parte faltante	3	75%
Total	4	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Estadística gráfica, pregunta 2

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Las características que tiene la prótesis utilizada por las personas el 75% menciono que solo utiliza para cubrir la parte faltante de la extremidad mientras que un 25% dijo que la característica que tiene es el material elaborado resultando ligero su utilización.

Pregunta 3: ¿La prótesis que utiliza le permite realizar todas sus actividades con normalidad?

Tabla 15: Resultados tabulado, pregunta 3

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0%
No	4	100%
Total	4	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Estadística gráfica, pregunta 3

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Es evidente que al momento de perder una parte de su extremidad superior el ritmo de tus actividades baja totalmente, el 100% de las personas encuestados dijo que la prótesis no le permite realizar sus actividades como antes.

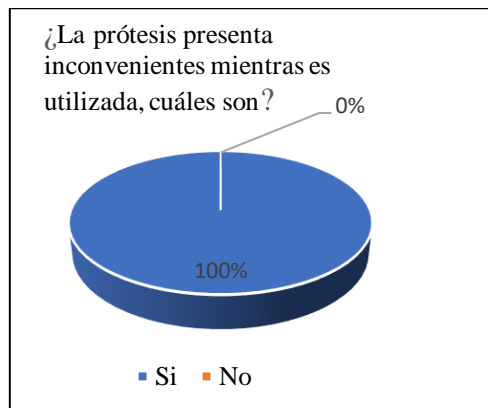
Pregunta 4: ¿La prótesis presenta inconvenientes mientras es utilizada, ¿cuáles son?

Tabla 16: Resultados tabulado, pregunta 4

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	100%
No	0	0%
Total	4	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Estadística gráfica, pregunta 4



Fuente: Elaboración propia

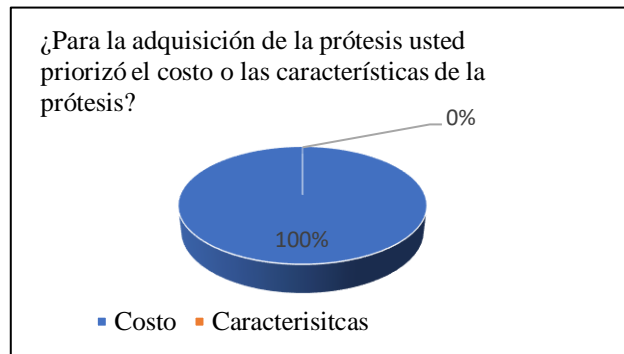
Análisis: El 100% de las personas respondieron que al momento de utilizar la prótesis si tienen inconvenientes en el caso de la persona que carece de toda su extremidad superior menciona que utilizar la prótesis por mucho tiempo le causa un dolor en la espalda otra el desprenderse de la prótesis también le resulta demoroso y necesita la ayuda de otra persona.

Pregunta 5: ¿Para la adquisición de la prótesis usted priorizó el costo o las características de la prótesis?

Tabla 17: Resultados tabulado, pregunta 5

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Costo	5	100%
Características	0	0%
Total	5	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Estadística gráfica, pregunta 5

Fuente: Elaboración propia

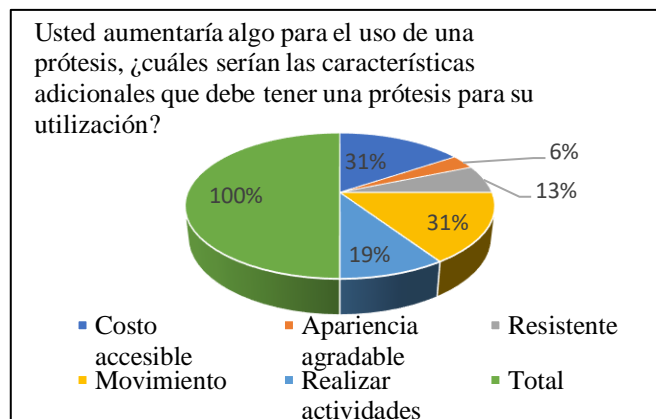
Análisis: Uno de los principales factores que implica la utilización de la prótesis es su costo el 100% de los encuestados menciona que adquirieron la prótesis de acuerdo al presupuesto que tienen.

Pregunta 6: Usted aumentaría algo para el uso de una prótesis, ¿cuáles serían las características adicionales que debe tener una prótesis para su utilización?

Tabla 18: Resultados tabulado, pregunta 6

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Costo accesible	5	31%
Apariencia agradable	1	6%
Resistente	2	13%
Movimiento	5	31%
Realizar actividades	3	19%
Total	16	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Estadística gráfica, pregunta 6

Fuente: Elaboración propia

Análisis: El total de los encuestados manifestaron que si deberían tener más características la prótesis para su respectivo uso dividiendo en un 31% por su costo de adquisición y movimiento de la prótesis, un 19% realizar actividades, un 13% opto por su resistencia y el 6% por su apariencia.

Análisis de la encuesta

Tabla 19. Resultados de la encuesta

N°	Pregunta	Respuestas			
		Si	%	No	%
1	¿Utiliza una prótesis para reemplazar la parte faltante de su extremidad superior?	4	80	1	20
2	¿La prótesis que utiliza tiene características como movilidad, le permite un desplazamiento con normalidad o solo cubre la parte faltante?	Es ligera		Cubre la parte faltante	
		1	25	3	75
3	¿La prótesis que utiliza le permite realizar todas sus actividades con normalidad?	0	-	4	100
4	¿La prótesis presenta inconvenientes mientras es utilizada, ¿cuáles son?	4	100	0	-
5	¿Para la adquisición de la prótesis usted priorizó el costo o las características de la prótesis?	Costo		Características	
		4	100	0	-
6	Usted aumentaría algo para el uso de una prótesis, ¿cuáles serían las características adicionales que debe tener una prótesis para su utilización?	5	100	0	-

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de la entrevista

✓ Se determina que cuatro de cada cinco personas que carecen de una parte de su extremidad superior utiliza una prótesis estática la cual no permite realizar actividades con normalidad.

✓ Debido a su alto costo de adquirir una prótesis con características avanzadas los usuarios optan por una prótesis que solo cubra la parte faltante dejando a un lado la idea de tener nuevamente movimiento con la prótesis, esto genera a un mediano plazo inconvenientes en el artefacto como desprendimiento de la prótesis, dolor en la espalda convirtiéndose en una molestia el uso de la prótesis.

✓ Los usuarios manifestaron que una prótesis debe estar diseñado de un material resistente pero no pesado que le permita realizar actividades con la prótesis como movilidad, sujetar un vaso de agua y que el diseño de la prótesis sea de apariencia agradable que no llame la atención de las personas, pero sobre todo que el costo de adquirir una prótesis vaya de acuerdo al estatus económico de cada persona.

10.10 Relación del resultado de la entrevista con el requerimiento del usuario

La ejecución de la entrevista a las personas discapacitadas, aparte de cumplir con una de las actividades permitió conocer más sobre los inconvenientes que tienen que vivir las personas que carecen de una parte de la extremidad superior.

El temor de sentirse observado y criticado por las demás personas por la carencia de una parte de la extremidad superior influía mucho en la autoestima de la persona discapacitada. Optando por la idea de utilizar una prótesis los usuarios buscaban varias alternativas para el diseño de su prótesis, pero mientras más ergonómico y beneficios tenía la prótesis más incrementaba el costo de adquirirlo. Entonces el propósito de la entrevista es para conocer las características que los usuarios buscan en una prótesis para su utilización.

Con la respuesta tabuladas de la pregunta 6 se sabe que el 100% de los usuarios aspiran que una prótesis sea diseñada con los siguientes requerimientos.

- ✓ El diseño de la prótesis debe ser lo más ergonómico posible y que tenga una apariencia agradable, similar al cuerpo.
 - ✓ El material de elaboración sea resistente pero ligero.
 - ✓ La prótesis debe tener algo de movilidad para realizar sus actividades con normalidad.
- Pero sobre todo una característica en la que los entrevistados coincidieron es que el costo de adquirir una prótesis sea accesible al presupuesto de cada persona.

11. VALORACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Impactos Económicos

El proyecto de investigación permite que al momento que una persona tenga la necesidad de adquirir una prótesis artificial para suplantar la parte faltante pueda exigir que el diseño se relacione de acuerdo a su situación económica, es debido a esta razón que se presentan varios instrumentos comerciales de diferente costo con diferentes beneficios para que el usuario pueda seleccionar una alternativa dependiendo del nivel económico que dispone.

Impactos Técnicos

En el caso del proyecto como impactos técnicos tenemos la determinación del costo beneficio de usar una u otra técnica de medición aportando al técnico ortopédico diferentes instrumentos comerciales que realicen mediciones de la señal EEG para mejorar la función de movimiento de la prótesis teniendo como referencia los requerimientos y criterios del paciente.

Impactos Sociales

Con el desarrollo de la investigación se pretende ayudar a la sociedad que padecen de una malformación congénita o una amputación de una parte de su extremidad superior ofreciendo una nueva manera en el diseño y control de la prótesis, aumentando la movilidad para una actividad de agarre, mediante sensores electrónicos que emitan órdenes a la prótesis, aumentando la autoestima del usuario y por ende mejorando la calidad de vida. Cabe mencionar que para realizar el diseño de la prótesis el usuario tiene la oportunidad de adquirirlo dependiendo de su estatus económico y a los requerimientos que necesita.

12. VALORACIÓN ECONOMICA

Presupuesto para la ejecución del proyecto

Tabla 20: Presupuesto del proyecto de investigación

PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACION				
Costos Directos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$/día	Valor Total \$
Ingreso a páginas web	60 días	1	\$40	\$2.400
Investigación bibliográfica de los biopotenciales	90 días	1	\$40	\$3.600
Entrevista al especialista en el tema de investigación	3	1	\$30	\$90
Investigación de los instrumentos de medición de biopotencial	60 días	1	\$40	\$2.400
Realización de tablas comparativas de la investigación	30 días	1	\$40	\$1.200
Encuesta a las personas con discapacidad física en su extremidad superior	20 días	5	\$40	\$800
Tabulación de los resultados de la encuesta	2 días	1	\$40	\$80
Suma total				\$ 10.570
Costos Indirectos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$/día	Valor Total \$
Transporte	1	1	30	\$30
Gastos varios	1	1	50	\$50
Material Bibliográfico (impresiones, copias anillados)	1	1	\$ 149	\$ 149
Suma Total				\$ 229

Fuente: Elaboración propia

Total, de Costos: Costos directos + Costos indirectos

Total, de Costos: \$ 10.570 + \$ 229

Total, de Costos: \$ 10.799

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se concluye que la señal electroencefalográfica generada por la actividad que realiza el cerebro permite obtener información de manera no invasiva del biopotencial eléctrico con un nivel de voltaje que va de 5 a 300mV, siendo la de mayor magnitud de voltaje en comparación de los demás biopotenciales estudiados.
- Se determina que la mejor alternativa para la medición del biopotencial electroencefalográfico es el instrumento Mindwave Mobile de NeuroSky, debido a características como: la cantidad de ondas cerebrales que mide (alpha, beta, delta y theta), el tiempo de autonomía de las baterías, su diseño ergonómico, la conectividad inalámbrica para transmitir los datos y sobre todo el costo de adquisición accesible de \$100,00.
- Al finalizar la encuesta a las personas con capacidades especiales, se determina que el costo de adquisición de una prótesis es un factor importante provocando que los usuarios prefieran una prótesis que cubra solamente la parte faltante, aislando el hecho de tener movimientos normales con la prótesis, generando a un mediano plazo inconvenientes, como: desprendimiento de la prótesis y dolor en otras zonas del cuerpo.

Recomendaciones

- Utilizar los resultados encontrados en esta investigación como base bibliográfica para la ejecución de nuevos proyectos enfocados en solucionar problemas de personas que carecen parcial o totalmente de su extremidad superior.
- Se recomienda aplicar la encuesta a un mayor número de beneficiarios, para cumplir la muestra calculada anteriormente, la cual, debido a la complejidad en la localización de casos impidió satisfacerla.
- Se recomienda que la tabla comparativa sea actualizada periódicamente debido al avance tecnológico que se evidencia todos los días, incluyendo nuevos dispositivos y otros parámetros que podrían ser incluido.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Brazeiro, J., & Petraccia, S. (2015). Mano controlada por señales musculares. (Tesis de grado). Universidad de la República, Uruguay.
2. Cardenas, A., & Romero, M. (s.f.). Monitor Cardiac Portatil. Obtenido de Monitor Cardiac Portatil.
3. Carvaja, D. F. (2012). Malformaciones Congénitas De Los Miembros Superiores. Obtenido de Malformaciones Congénitas De Los Miembros Superiores: <http://www.ilustrados.com/tema/9855/Revision-Bibliografica-Malformaciones-Congenitas-Miembros-Superiores.html>
4. Cedillo, U. (2017). Diseño y construcción de una prótesis ergonómica de pulgar. (Tesis de grado). Universidad Tecnica de Cotopaxi, Latacunga.
5. Chavez, V., Torres, D., Herrera, J., & Hernandez, A. (1 de junio de 2016). Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas utilizando el dispositivo. *Revista de Tecnología e Innovación*, 3, 107-118.
6. Collahuazo, J. (2011). Diseño y construcción de una mano robot activada por señales electromiograficas. (Tesis de grado). Universidad Politecnica Salesiana, Ecuador.
7. Constitución de la República del Ecuador. (2017). Registro Oficial. Ley Organica de Discapacidades. Quito, Ecuador.
8. Cowasn, J., & Olarte, N. (2017). Señal respiratoria a partir del acondicionamiento electronico de la señal ECG. *Scientia et Technica*, XXII(1).
9. Garcia, J. (2017). Interfaz cerebro-computador utilizando un dispositivo inalambrico de electroencefalografia. (Tesis de Maestria). Instituto Politecnico Nacional, mexico.
10. Garcia, R. (2014). Tegnologia de Vestir. Obtenido de Tegnologia de Vestir: <https://www.cnet.com>
11. Gomez, J., & Marce, A. (2016). Bran sensors aplcats a la tegnologia mecanica. Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya.
12. Gonzales Barajas, J. (2016). Electrocardiograma desde una vision digital. Ediciones USTA.
13. Gonzales, M., & Ximena, M. (2009). Analisis de señales electrocardiograficas ECG con esquema cardiaca usando tecnicas de procesamiento digital de señales. (Trabajo de grado). Universidad de Manizales, Colombia.

14. Gorosito, M., & Jara, N. (2017). "Prótesis Funcional de Miembro Superior controlada a partir del dispositivo Myo. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
15. Guerrero Martinez, J. F. (2011). Sistemas de Instrumentación Médica. Obtenido de Sistemas de Instrumentación Médica: ocw.uv.es/ingenieria-y-arquitectura/1-5/ib_material/IB_T9_OCW.pdf
16. Guevara, M. A., & Sanz, M. A. (2010). programa para revisar señales EEG. Revista mexicana de Ingeniería Biomedica, 135-141.
17. Hagmann, C. F., & Robertson, N. J. (2009). Los artefactos del electroencefalograma pueden influir en la clasificación del EEG de amplitud integrada. Elsevier, 62-95. Obtenido de Healthwise.org.: <https://www.northshore.org>
18. Healthwise. (2017). Healthwise.org. Obtenido de Healthwise.org.: <https://www.northshore.org>
19. <http://neurosky.com/>. (2015). Obtenido de <http://neurosky.com/>: <http://neurosky.com/>
20. <https://www.amazon.com>. (s.f.). Obtenido de <https://www.amazon.com>
21. Ibarra, L., & Pérez, E. (2009). Electromiografía clínica. Elsevier, 76-94. Obtenido de Técnicas instrumentales de diagnóstico y evaluación en rehabilitación: <http://www.elsevier.es/es-revista-rehabilitacion-120-sumario-vol-39>
22. Introduction to Biomedical Instrumentation. (2018). Obtenido de Introduction to Biomedical Instrumentation: www.electrical4u.com
23. Juliana M. Fernández*, R. C. (2009). Influencia de la fatiga muscular en la señal electromiográfica de músculos estimulados eléctricamente. obtenido de influencia de la fatiga muscular en la señal electromiográfica de músculos estimulados eléctricamente: <http://www.scielo.org.co/scielo>.
24. Lúzara, J. I. (de 2009). Técnicas instrumentales de diagnóstico y evaluación en rehabilitación. Obtenido de Técnicas instrumentales de diagnóstico y evaluación en rehabilitación: <http://www.elsevier.es/es-revista-rehabilitacion-120-sumario-vol-39-num-6-X0048712005X35712>
25. Martín, A. (2016). Procesado y Filtrado de señales biológicas destinadas. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, Sevilla.
26. Martìn, J. (2015). Sistema Brain Computer Interface. (Tesis de grado). Universitat Politècnica de Catalunya, España. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/78057>
27. Mayor, R. L. (2013). Manual de electroencefalografía. Universidad de los Andes.

28. Muñoz, J. E. (2016). Instrumentación Médica. Bioinstrumentación. Obtenido de Instrumentación Médica. Bioinstrumentación.: <https://es.slideshare.net>
29. OMS. (2016). organizacion mundial de la salud. Obtenido de organizacion mundial de la salud.
30. Osorio, L. A. (2017). Acondicionamiento de Señales Bioeléctricas. Obtenido de Acondicionamiento de Señales Bioeléctricas: <http://repositorio.utp.edu.co>
31. Pato, M. Á. (2009). Emotiv EPOC, ponte el casco y controla. Obtenido de Emotiv EPOC, ponte el casco y controla: <http://www.futuremusic-es.com/emotiv-epoc-ponte-el-casco-y-controla/>
32. Pedraza, J. (2017). Diseño e implementacion de un sistema de adquisicion de señales electromiograma (EMG) basados en electrodos secos y su utilizacion en el control de una mano robotica. (Tesis de grado). Escuela Politecnica Nacional, Quito.
33. Ponce, J. (2014). Implementacion de una interface cerebro.computador para la deteccion de posicion con la ayuda de las señales EEG. (tesis de grado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui.
34. Ramos, F. A., & Egozcue, R. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía. Servicio de Neurofisiología Clínica, XXXII. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s3/original6.pdf>
35. Ruiz, C., & Perez, D. (2012). Anomalías congénitas más comunes de la mano. Revista Mexicana de Ortopedia pediátrica, 5-12. Obtenido de Anomalías congénitas más comunes.
36. Serna, H. (2018). Desarrollo del embrionario del sistema articular y esquelético. Revista de la Facultad de Ingeniería, Nutrición y Administración , 41-49.
37. Silva, H. (2010). Extracción de características de señales mioeléctricas y un modelo dinámico compatible para el desarrollo de prótesis de miembro superior. (Tesis de Maestria). Universidad Autonoma de Mexico, Mexico.
38. Simini, F., & Arregui, M. (2017). Curso de Electricidad, Electrónica e Instrumentación Biomédica con Seguridad. Obtenido de Curso de Electricidad, Electrónica e Instrumentación Biomédica con Seguridad: <https://eva.fing.edu.uy/mod/resource/view>.
39. Tejedor, M., Valdes, D., & Mendoza, J. (2018). Modelo de interfaz cerebro-computador de bajo costo como medio para mejorar la calidad de vida de las personas de la tercera edad. Revista de Iniciación Científica, IV(2).

15. ANEXOS

Anexo 1: Encuestas dirigida a personas que carecen de una parte de su extremidad superior



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD CIYA
CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL



Objetivo: Analizar los requerimientos del organismo para la utilización de una prótesis

Instructivo: Por favor lea determinadamente las preguntas y marque con una X en la casilla según su punto de vista y argumente en las preguntas correspondientes

Preguntas:

1. ¿Utiliza una prótesis para reemplazar la parte faltante de su extremidad superior?

Si No

2. ¿Qué características tiene la de prótesis que utiliza?

3. ¿La prótesis que utiliza le permite realizar todas sus actividades con normalidad?

Si No

4. ¿Cuáles son los inconvenientes que presenta la prótesis mientras es utilizada?

5. ¿Para la adquisición de la prótesis usted priorizó el costo o las características de la prótesis?

Costo Características

6. ¿De acuerdo a su punto de vista, cuáles serían las características adicionales que debe tener una prótesis para su utilización?

Gracias por su colaboración.

Anexo 2: Entrevista al especialista

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI****FACULTAD CIYA****CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL**

Datos personales del especialista

Nombre:

Edad:

Sexo:

Especialidad:

Preguntas:

1. Una señal biológica permite al médico extraer información sobre el funcionamiento de los diferentes órganos del cuerpo para poder emitir un diagnóstico, de acuerdo a esto, ¿conoce si existe una diferencia entre las señales biológicas de una persona completa y que otra que carece de una parte de su extremidad superior?
2. ¿Cuáles son las señales biológicas que pueden ser detectadas y medidas con mayor facilidad?
3. ¿Cuáles son los sensores que usted conoce y que son utilizados para medir señales biológicas?
4. En la actualidad existen instrumentos comerciales que permiten medir señales biológicas, mencione las que usted conoce.
5. ¿De acuerdo a su punto de vista, mencione las ventajas y desventajas que experimenta una persona que hace uso de una prótesis?
6. Conoce usted de algún proyecto a nivel nacional que se haya ejecutado o se esté desarrollando que permita la autonomía en el movimiento de una prótesis de extremidad superior mediante una señal biológica.?

Anexo 3: Pagina web Neurosky

NeuroSky STORE
Body and Mind. Quantified.

Almacén Auriculares EEG Aplicaciones Herramientas Preguntas más frecuentes Carro 0 Search Products Buscar

FAST COMPANY The New York Times BBC SCIENTIFIC AMERICAN CBSO WSJ Los Angeles Times

¡Compra el nuevo auricular MindWave Mobile 2 ahora!

Conozca más sobre el auricular MindWave Mobile 2

Anexo 4: Dispositivo Emotiv Epoc

EMOTIV EPOC+

El auricular EEG móvil más creíble y rentable del mercado

COMPRA AHORA

reddot award PRODUCT DESIGN GOOD DESIGN EMOTIV

Anexo 5: Dispositivo Emotiv Insight

EMOTIV | INSIGHT

Avanzada Brainwear[®] para el funcionamiento y el control del bienestar y la interfaz cerebro computadora

COMPRA AHORA





Anexo 6: Dispositivo Mindwave Mobile



MindWave Mobile 2: kit de inicio de ondas cerebrales

El kit de inicio Brainwave es la forma más asequible de comprar los auriculares EEG MindWave Mobile 2. ¡Descarga más juegos de la App Store de NeuroSky!

Incluido:

- Auriculares EEG MindWave Mobile 2
- Guía de inicio rápido
- Descargar Link to MindWave Mobile 2 Tutorial
- Enlace de descarga a otras aplicaciones gratuitas




\$ 99.99

Compre ahora desde Amazon

Anexo 7: Muse la vincha sensación cerebral



Muse: La vincha de sensación cerebral

de Muse

★★★★☆ 925 opiniones de clientes | 220 preguntas respondidas

Precio: **US\$198.77**

Color: **Black Headband ONLY (No Case)**

 **US\$198.77**


 del vendedor 1

 **US\$195.90**

 del vendedor 1


- Muse es su asistente meditación personal.
- A veces tu mente está tranquila y a veces está activa. Muse te guiará hacia una mente en calma.
- Ponte la vincha Muse, colócate los auriculares, inicia la aplicación, y cierra los ojos. Sumérgete en los sonidos de una playa o de la selva.
- Mientras meditas, Muse mide si tu mente está en calma o activa, y traduce esos datos en sonidos de las condiciones climáticas.
- Cuando estás en calma, podrás escuchar sonidos de un clima tranquilo. Cuando tu mente divaga, el clima se intensificará y guiará de vuelta a un estado de calma.
- Después de cada sesión, revisa tus datos, establece objetivos, y construye una práctica de meditación profundamente gratificante que se pone mejor cada vez.
- Consulta el manual del usuario, las preguntas frecuentes, y especificaciones tecnológicas para obtener más información.

Anexo 8: Dispositivo MYO



Disponible a través de estos vendedores.

Color: **Black**

 del vendedor 1

 del vendedor 1

Empaque del producto: **Standard Packaging**

- A wearable presentation remote, Myo frees you to communicate with your hands
- Use your favorite presentation software: PowerPoint, Keynote, Prezi, Google Slides, Adobe PDF
- Control presentation software on OS X 10.8, Windows 7 and Windows 8
- Beyond presentations, Myo controls Netflix, iTunes, PC games, and can be mapped to keyboard controls for custom experiences. Find applications on the Myo Market Beta
- Bluetooth range of up to 50 feet

Comparar con artículos similares

Usados (1) desde US\$427.77

Anexo 9: Dispositivo g. Nautilus

g.Nautilus RESEARCH
WIRELESS BIOSIGNAL ACQUISITION

Dry EEG Electrodes
Gel Based EEG Electrodes

Download Brochure PDF

starting at
4.500
EUR

8 - 64 channels
dry or gel based electrodes
multi-purpose setup available

Anexo 10: Instrumento biomédico electrodo superficial