



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIEROS EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**TEMA: OBTENCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ONDAS
CEREBRALES ALFA Y BETA DE UN MILITAR, PARA DETERMINAR SU
CAPACIDAD DE TOMAR DECISIONES EN SITUACIONES DE ESTRÉS
Y PRESIÓN**

**AUTORES: UBILLUZ ZAMBRANO, CHRISTIAN MARCELO
FLORES CORREA, MARLON ANDRÉS**

DIRECTOR: ING. DELGADO RODRÍGUEZ, RAMIRO NANAC, PhD

SANGOLQUÍ

2019



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“OBTENCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ONDAS CEREBRALES ALFA Y BETA DE UN MILITAR, PARA DETERMINAR SU CAPACIDAD DE TOMAR DECISIONES EN SITUACIONES DE ESTRÉS Y PRESIÓN”** realizado por los señores **Christian Marcelo Ubilluz Zambrano** y **Marlon Andrés Flores Correa**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 24 de julio de 2019

Ing. Ramiro Nanac Delgado Rodríguez PhD

C.C: 1707019178



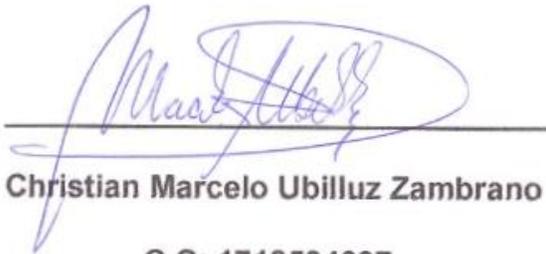
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Christian Marcelo Ubilluz Zambrano** y **Marlon Andrés Flores Correa**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“OBTENCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ONDAS CEREBRALES ALFA Y BETA DE UN MILITAR, PARA DETERMINAR SU CAPACIDAD DE TOMAR DECISIONES EN SITUACIONES DE ESTRÉS Y PRESIÓN”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 24 de julio de 2019



Christian Marcelo Ubilluz Zambrano
C.C: 1718534637



Marlon Andrés Flores Correa
C.C: 1722743075

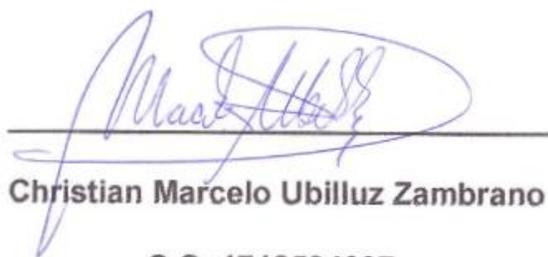


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, ***Christian Marcelo Ubilluz Zambrano y Marlon Andrés Flores Correa***, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: ***“OBTENCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ONDAS CEREBRALES ALFA Y BETA DE UN MILITAR, PARA DETERMINAR SU CAPACIDAD DE TOMAR DECISIONES EN SITUACIONES DE ESTRÉS Y PRESIÓN”*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 24 de julio de 2019



Christian Marcelo Ubilluz Zambrano
C.C: 1718534637



Marlon Andrés Flores Correa
C.C: 1722743075

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien alumbra y guía mi vida, brindándome día a día un nuevo motivo para vivir y compartir con mis seres queridos.

A mis queridos padres, por ser los primeros maestros, que siempre me brindaron su apoyo incondicional y con su ejemplo me guiaron por el camino del recto vivir.

A mi esposa, por ser un apoyo fundamental ya que ha estado conmigo en todo momento, me ha brindado su ayuda incondicional para cumplir con mis metas y objetivos.

A mis docentes, quienes me brindaron sus conocimientos sin esperar nada a cambio para hacer realidad mis sueños e ideales, los mismos que alimentan mi cuerpo y mi espíritu.

A mis hijas Allison y Valentina, por ser la razón de mi existencia.

Christian Ubilluz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a mi madre Guadalupe Correa, que desde el cielo me guía para ir alcanzando mis metas.

A mi padre, quien está a mi lado motivándome para alcanzar mis metas desde que partió mi madre y nos cuida. A mi mamá Rosa quien ha estado desde que tengo uso de razón.

A mis docentes, quienes me brindaron sus conocimientos sin esperar nada a cambio para hacer realidad mis sueños e ideales, los mismos que alimentan mi cuerpo y mi espíritu.

A todos quienes de una u otra manera están presentes en mi vida.

Andrés Flores

AGRADECIMIENTO

Agradezco a nuestro Señor por darme día a día la salud para poder seguir en vida.

A mis Padres pues, ellos me apoyaron incansablemente, estuvieron en los momentos más difíciles dándome aliento para seguir adelante.

A mi esposa, mis hijas Allison y Valentina quienes son mi razón de vivir y gracias a su inspiración y motivación que día a día me brindaron, he alcanzado mis ideales propuestos.

A mis docentes, quienes estuvieron presentes en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, aportando con sus experiencias y consejos de vida.

Al Ingeniero Ramiro Delgado, pues con sus conocimientos impartidos ha sido una guía de rectitud y sabiduría.

A todos quienes de una u otra manera, coadyuvaron para la enriquecedora experiencia de compartir sus conocimientos y experiencias para que este Trabajo de Investigación sea el más amplio y acertado posible.

Muchas gracias a todos.

Christian Ubilluz

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre y padre quienes se esforzaron para que alcanzaré esta meta de mi vida, dándome aliento y sosteniendo la fe en mí, esforzándose por darme un plato de comida cada día.

Agradezco a mi segunda mamá, quien me cuidó desde pequeño y vio cómo iba alcanzando mis metas con sus consejos.

A todos quienes han puesto su confianza en mí y supieron darme consejos de sabiduría para ser una persona mejor.

A mis docentes, quienes estuvieron presentes en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, aportando con sus experiencias y consejos de vida.

Al Ingeniero Ramiro Delgado, quien ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de este Trabajo de Investigación ya que más que un profesor es gran amigo y me ha brindado su amistad franca y sincera.

Andrés Flores

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	
CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos.....	5
1.5 Alcance	6
1.6 Estado del Arte	6
1.7 Características del estado del arte	15
CAPÍTULO II.....	16

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	16
2.1 Ciencia	16
2.2 Investigación Científica	17
2.3 Población y Muestra.....	22
CAPÍTULO III.....	24
MARCO TEÓRICO	24
3.1 El encéfalo	24
3.2 La Actividad Eléctrica del Cerebro	25
3.3 Electroencefalograma (EEG)	27
3.4 Las señales Electroencefalográficas	28
3.5 Ondas Cerebrales	29
3.6 Interface cerebro computador (BCI)	33
3.7 Estrés.....	49
CAPÍTULO IV	54
DESCRIPCION DEL SISTEMA	54
4.2 Software EmotivPRO	54
4.3 Desarrollo del Software	58
CAPÍTULO V	153
PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	153
5.1 Pruebas	153
5.2 Validaciones.....	154
5.3 Resultados	161
CAPÍTULO VI	166

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES166

6.1 Conclusiones166

6.1 Recomendaciones167

BIBLIOGRAFÍA168

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas de Investigación.....	7
Tabla 2. Grupos de Control.....	9
Tabla 3. Estudios Primarios	11
Tabla 4. Características de la Investigación.....	18
Tabla 5. Niveles de confianza	23
Tabla 6. Comparación de tipos de BCI	36
Tabla 7. Características de Emotiv EPOC+	45
Tabla 8. Síntesis categórica de factores estresores	50
Tabla 9. Consecuencias del estrés laboral.....	53
Tabla 10. Características de EmotivPRO.....	55
Tabla 11. Características de Java.....	59
Tabla 12. Requisito Funcional 1.....	65
Tabla 13. Requisito Funcional 2.....	66
Tabla 14. Requisito Funcional 3.....	67
Tabla 15. Requisito Funcional 4.....	68
Tabla 16. Requisito Funcional 5.....	69
Tabla 17. Requisito Funcional 6.....	70
Tabla 18. Requisito Funcional 7.....	71
Tabla 19. Rangos de estrés.....	162
Tabla 20. Cuadro estadístico sin Estimulación.....	162
Tabla 21. Cuadro estadístico con Estimulación.....	163
Tabla 22. Resultados de la evaluación del test	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de elaboración del estado del arte	8
Figura 2. Partes del encéfalo	24
Figura 3. Estructura de una Neurona	26
Figura 4. Señal de un Electroencefalograma	28
Figura 5. Ondas Alfa	29
Figura 6. Ondas Beta	31
Figura 7. Rangos de frecuencia de las Ondas Cerebrales	32
Figura 8. Interface Cerebro Computador	34
Figura 9. Estructura funcional de un BCI	37
Figura 10. Dispositivo no invasivo	38
Figura 11. Dispositivo invasivo	38
Figura 12. Logo de NeuroSky	39
Figura 13. Mindwave	40
Figura 14. Logo de OpenBCI	40
Figura 15. EEG de OpenBCI	41
Figura 16. Logo de MUSE	41
Figura 17. Diadema de EEG MUSE	42
Figura 18. Logo de EMOTIV	42
Figura 19. EMOTIV EPOC+	43
Figura 20. Kit de Emotiv EPOC+	44
Figura 21. Sistema Internacional 10-20	46
Figura 22. Electrodo en el córtex cerebral	47

Figura 23. Hidratación de almohadillas.....	47
Figura 24. Colocación de sensores	48
Figura 25. Conexión vía bluetooth	48
Figura 26. Colocación de Emotiv EPOC+ en la cabeza	49
Figura 27. Fases del Estrés.....	51
Figura 28. EmotivPRO.....	54
Figura 29. Conexión con EEG	55
Figura 30. Calidad de conexión	56
Figura 31. Datos del test	56
Figura 32. Identificación de los sensores.....	57
Figura 33. Señales en tiempo real.....	57
Figura 34. Logo de JAVA	58
Figura 35. ANGULARJS.....	60
Figura 36. MySQL	61
Figura 37. Diagrama de Casos de Uso.....	64
Figura 38. Modelo Conceptual Extracción de datos.....	75
Figura 39. Modelo Conceptual del Sistema	76
Figura 40. Modelo Lógico Extracción de datos	77
Figura 41. Modelo Lógico del Sistema.....	78
Figura 42. Modelo Físico Extracción de datos	79
Figura 43. Modelo Físico del Sistema.....	75
Figura 44. Estructura de la Base de Datos	145
Figura 45. Clase "persona"	146

Figura 46. Controlador.....	147
Figura 47. Agregar datos.....	147
Figura 48. Controlador persona.....	148
Figura 49. Método de la Clase.....	148
Figura 50. Interface de Presentación.....	149
Figura 51. Ingreso de Número de Cédula.....	149
Figura 52. Validación de datos.....	150
Figura 53. Carga de datos.....	150
Figura 54. Gráficas de Señales y Estados.....	151
Figura 55. Archivos .CSV.....	152
Figura 56. Ejecución de la Prueba No. 1.....	155
Figura 57. Obtención de las ondas cerebrales.....	155
Figura 58. Interface Principal.....	156
Figura 59. Ingreso de Identificación.....	156
Figura 60. Carga de datos en el Sistema.....	156
Figura 61. Archivo .cvs.....	157
Figura 62. Señales Alfa y Beta.....	157
Figura 63. Resultado del análisis de las señales cerebrales.....	158
Figura 64. Ejecución de la Prueba No. 2.....	158
Figura 65. Obtención de las ondas cerebrales.....	159
Figura 66. Interface principal.....	159
Figura 67. Ingreso de Identificación.....	159
Figura 68. Archivos.....	160

Figura 69. Señales Alfa y Beta	160
Figura 70. Resultado del análisis de las Señales cerebrales	161
Figura 71. Medias aritméticas de las señales Alfa y Beta	163
Figura 72. Señales Alfa y Beta estimuladas	164
Figura 73. Resultado de pruebas.....	165

RESUMEN

En los últimos años las computadoras, las aplicaciones móviles y la adquisición de ondas cerebrales han sido una fuente fundamental para mejorar la interacción humano-computador, ya que permiten conocer varios trastornos y problemas de salud de un individuo como son: enfermedades mentales, psicológicas o discapacidades, generando alternativas de software y hardware para solucionar estos problemas, brindando así un mejor estilo de vida. El presente proyecto de investigación tiene como objetivo la obtención, procesamiento y análisis de las señales cerebrales de un militar, colocando primeramente en el córtex cerebral el dispositivo electroencefalograma (EEG) Emotiv EPOC+, para obtener los datos de las señales cerebrales Alfa (estado de relajación) y Beta (estado activo) mediante la Interface Cerebro Computador (BCI) EmotivPRO, al inicio de la experimentación se aplican estímulos auditivos para relajar a la persona, acompañada de una prueba de razonamiento abstracto y luego estímulos visuales para generar estrés con una segunda prueba de razonamiento abstracto, con el fin de verificar la capacidad de resolución de problemas en un tiempo limitado. Estas señales cerebrales obtenidas antes y después de los estímulos, serán procesadas y analizadas en un software desarrollado, el cual nos permitirá visualizar el nivel de estrés de la persona durante las dos etapas de la experimentación y verificar la influencia del estrés en las personas para la resolución de problemas.

Palabras Clave:

- **ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)**
- **SEÑALES CEREBRALES**
- **EMOTIV EPOC+**

ABSTRACT

In recent years computers, mobile applications and the acquisition of brain waves have been a fundamental source in order to improve human-computer interaction, since they lead to know several disorders and health problems of an individual such as: mental, psychological or disabilities, generating software and hardware alternatives to treat these problems, thus providing a better lifestyle. The objective of this research is to obtain, process and analyze brain signals of a soldier, starting in the cerebral cortex the electroencephalogram (EEG) Emotiv EPOC + device, to obtain the data of the alpha brain signals (relaxation state) and Beta (active state) through a Computer Brain Interface (BCI) EmotivPRO, at the beginning of the experimentation, auditory stimulus are applied to relax the person, accompanied by a test of abstract reasoning and then visual stimulus to generate stress with a second abstract reasoning test, in order to verify the ability to solve problems in a limited time. These brain signals obtained before and after the stimulus, will be processed and analyzed in a developed software, which will allow us to visualize the person's stress level during the two stages of the experimentation and verify the influence of stress on people for problem solving.

Keywords:

- **ELECTROENCEPHALOGRAM (EEG)**
- **BRAINWAVES**
- **EMOTIV EPOC+**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describen los antecedentes, objetivos, justificación y alcance del proyecto: “Obtención, procesamiento y análisis de las ondas cerebrales Alfa y Beta de un militar, para determinar su capacidad de tomar decisiones en situaciones de estrés y presión”, además se plantea una revisión sistemática de literatura sobre el problema de investigación con grupos de control para generar el estado del arte.

1.1 Antecedentes

Hoy en día la relación hombre-computador ha generado un vínculo muy importante dentro del desarrollo de la ciencia y la tecnología permitiendo el empleo de sistemas robóticos y dispositivos especializados en medicina, electrónica y neurociencias con el fin de obtener información necesaria y detallada de cómo se encuentra el cuerpo humano y además comprender el comportamiento de las personas. Cada acción que realiza el cuerpo humano es el resultado de un conjunto de señales que nacen del cerebro y se transmiten a través de las terminaciones nerviosas hacia los músculos y órganos para el cumplimiento de funciones específicas (Torres, Sanchez, & Palacios, 2014).

La actividad cerebral ha sido objeto de muchos estudios siendo el primer hallazgo atribuido a Berger en el año 1929, el mismo que empleó un electroencefalograma (EEG) como método para el funcionamiento y comportamiento de la actividad cerebral. Tanto en humanos como en animales es conocido que el cerebro es el motor fundamental para

controlar las emociones, concentración, sentidos y movimientos que son realizados por el cuerpo humano.

La obtención de señales bioeléctricas constituye uno de los pilares fundamentales e importantes para los sistemas de interacción humano-computador; para ello, se emplea el electroencefalograma que realiza el registro de los impulsos eléctricos de las neuronas del encéfalo.

Diversos estudios revelan que las ondas cerebrales son claves para el proceso de aprendizaje, ya que permiten valorar el comportamiento del cerebro en diversas situaciones. Dentro de este análisis, se considera que el estrés constituye uno de los factores más estudiados en la actualidad, por su relación con la aparición de enfermedades, el manejo y la adaptación a situaciones difíciles y el desempeño en general.

Dentro de las Fuerzas Armadas, a la fecha, no existen trabajos relacionados al tema, siendo este un factor muy importante que motivó el desarrollo de este proyecto de investigación con el fin de realizar pruebas al personal militar para establecer el nivel de estrés al que se encuentra sujeto dentro de las labores diarias.

El nivel de presión psicológica que posee una persona se ve reflejada en las acciones y decisiones que toma en su vida diaria, es así que, en la vida militar existe un nivel de estrés y presión elevado, debido a las tareas que realizan ya sea en las unidades militares que se encuentran en la ciudad o las que se encuentran en la frontera y oriente (selva), repercutiendo en la toma de decisiones durante una operación de combate.

Sobre esta base, la obtención de las ondas cerebrales para su análisis y estudio es de suma importancia puesto que, nos permite entrenar el cerebro para reducir y controlar los niveles de estrés de las personas, minimizando así enfermedades y problemas laborales o familiares (Integral, 2018).

Este proyecto de investigación es el resultado de una serie de estudios anteriores en los cuales se analizó las señales cerebrales; y, donde se obtuvo como producto la publicación en congresos internacionales de dos artículos científicos titulados: "Brain waves processing, analysis and acquisition to diagnose stress level in the work environment." y "The control of a Vehicular Automata through brain waves. A case |study" en el WorldCist´18 y WorldCist´19 y la indexación en las Bases Digitales (Springer y Scopus).

1.2 Planteamiento del Problema

A nivel mundial, la tecnología hoy en día, no solo permite el desarrollo de sistemas electrónicos dirigidos con sensores que detectan diferentes cambios del medio que los rodea, sino que existen sistemas desarrollados con comunicación teledirigida por impulsos neuronales de un ser humano, capaces de obtener las señales cerebrales emitidas por una persona para ser analizadas y empleadas en diversos campos, especialmente clínicos.

La selección de un comandante de pelotón, patrulla o equipo de combate dentro del ejército se la realiza de manera jerarquizada, es decir, de acuerdo al rango militar que posea y a la capacitación que tenga; sin embargo, no es suficiente esta selección ya que

una persona depende de varios factores psicológicos tanto internos como externos para tomar decisiones adecuadas, las cuales son independientes a su grado o jerarquía.

La problemática tiene su génesis en personas que no están centradas en la responsabilidad que tiene a su cargo, ya que ha existido personal que comete errores al impartir instrucción o comandar un equipo de combate ya sea por nerviosismo en la manipulación de material o por tener un nivel de estrés que no puede controlar, lo que conlleva a cometer descuidos irreparables.

1.3 Justificación

En la actualidad existen muchos factores que llevan a una persona a tener altos niveles de estrés ya sea en el campo laboral como en el campo personal y por ende se ve afectada su vida diaria al encontrarse en un estado de bloqueo cerebral. Dentro de las Fuerzas Armadas existe un ambiente con niveles de estrés y presión muy elevados, producidos por las actividades que se ejecutan diariamente, lo que se ve reflejado en el estado de ánimo del personal militar, dando como resultado una serie de malas decisiones que desembocan en problemas laborales y operacionales que han llevado a tener varios accidentes durante el entrenamiento u operación real.

Esta investigación está orientada a todo el personal militar que labora en las diferentes unidades o dependencias operativas y administrativas, obteniendo primeramente sus ondas cerebrales Alfa y Beta con la ayuda del EEG Emotiv EPOC+, aplicando un estímulo auditivo para relajar a la persona, acompañado de una prueba de

razonamiento abstracto en un tiempo determinado, luego de lo cual se aplica un estresor visual, seguidamente se desarrolla otra prueba de razonamiento abstracto.

Los datos de las señales cerebrales obtenidas, se ingresan en el software desarrollado, para obtener los niveles de estrés antes y después de la experimentación y así, realizar una comparación en la resolución de problemas durante las dos etapas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Obtener, procesar y analizar la información de las ondas cerebrales Alfa y Beta del personal militar, sometiéndolos a estímulos visuales y auditivos empleando un electroencefalograma no invasivo en el córtex cerebral, con la finalidad de determinar la capacidad para tomar decisiones en situaciones de estrés y presión.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de literatura que permita comprender, aclarar e identificar las diferentes ondas cerebrales.
- Desarrollar pruebas de estrés y presión empleando estresores visuales y auditivos para estimular las ondas cerebrales Alfa y Beta, con ayuda de un profesional especialista en psicología militar.
- Diseñar y desarrollar una aplicación que almacene y evalúe las señales cerebrales Alfa y Beta para establecer los niveles de estrés de una persona.
- Realizar un protocolo de pruebas y validación de las señales obtenidas y almacenadas en la aplicación.

- Establecer conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos durante el desarrollo de la experimentación.

1.5 Alcance

El alcance del presente proyecto comprende la obtención, procesamiento y análisis de las ondas cerebrales Alfa y Beta, basado en el uso de un electroencefalograma comercial de la empresa EMOTIV, modelo EPOC+ de catorce canales con electrodos y base salina que se conectan a la computadora de manera inalámbrica.

Para la validación del sistema se escogió una muestra del personal militar en el grado de tenientes que pertenecen a promociones con uno y cuatro años de servicio. Para el procesamiento de estas señales se empleará estresores visuales y auditivos, además un test de razonamiento abstracto que estimule las ondas Alfa y Beta de los participantes, estas señales serán almacenadas en una base de datos para realizar luego el respectivo análisis.

Con la ayuda y asesoramiento de un profesional especialista en psicología militar se definieron los parámetros y las pruebas de razonamiento abstracto que rendirán los evaluados para determinar la capacidad de resolución de problemas y/o tareas al encontrarse bajo estímulos que generan estrés.

1.6 Estado del Arte

Para determinar el estado del arte se realizó una revisión sistemática de la literatura y trabajos relacionados con el tema de investigación para lo cual, se proponen

varias preguntas de investigación vinculadas a los objetivos específicos, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.
Preguntas de Investigación

Objetivo específico	Pregunta de investigación
Realizar un estudio de literatura que permita comprender, aclarar e identificar las diferentes ondas cerebrales.	<ul style="list-style-type: none"> a. ¿Cómo funciona el cerebro y los impulsos neuronales? b. ¿Cuáles son las ondas cerebrales que emite el cerebro? c. ¿Cuál es el rango de voltaje de las señales cerebrales? d. ¿Qué información proporcionan las ondas cerebrales Alfa y Beta?
Desarrollar pruebas de estrés y presión empleando estresores visuales y auditivos para estimular las ondas cerebrales Alfa y Beta, con ayuda de un profesional especialista en psicología militar.	<ul style="list-style-type: none"> e. ¿Qué es el estrés y cuáles son los principales estresores? f. ¿Cuáles son los posibles estímulos externos que incentiven al cambio de amplitud en las señales cerebrales Alfa y Beta? g. ¿Qué tipos de test psicológicos pueden ser tomados en cuenta para la generación de un alto nivel de estrés?
Diseñar y desarrollar una aplicación que almacene y evalúe las señales cerebrales Alfa y Beta para establecer los niveles de estrés de una persona.	<ul style="list-style-type: none"> h. ¿Qué tipo de requerimientos se establecerán para el desarrollo de la aplicación? i. ¿Qué tipos de gráficas se generan dentro de la aplicación, que permita medir las señales Alfa y Beta?
Realizar un protocolo de pruebas y validación de las señales obtenidas y almacenadas en la aplicación.	<ul style="list-style-type: none"> j. ¿Cuántas pruebas se deben llevar a cabo para validar los niveles de estrés obtenidos? k. ¿Cómo se relacionan las señales obtenidas con los niveles de estrés?
Establecer conclusiones y recomendaciones en base a los resultados generados durante el desarrollo de la experimentación.	<ul style="list-style-type: none"> l. ¿Es posible disminuir el tiempo en el proceso de obtención de las señales cerebrales? m. ¿Es posible disminuir el tiempo de uso del dispositivo EEG?

La estructura de la técnica que se utilizó para elaborar el estado del arte se muestra en la Figura 1.

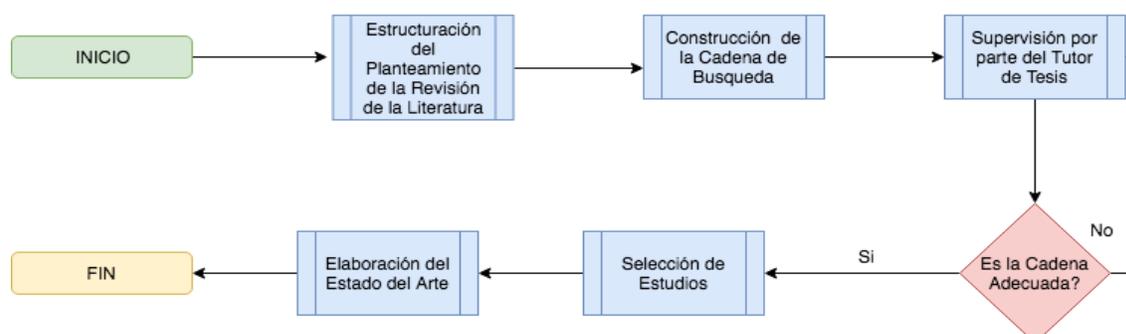


Figura 1. Método de elaboración del estado del arte

1.6.1 Planteamiento de la revisión sistemática

En esta fase se realiza una breve descripción del problema de investigación que sirve para proporcionar un contexto dentro de la búsqueda de estudios científicos; posteriormente se procede a definir un objetivo de búsqueda y plantear preguntas de investigación para alinear la búsqueda en relación al problema de investigación y finalmente se definieron los criterios de inclusión y exclusión, importantes para el desarrollo del presente trabajo.

1.6.2 Conformación del grupo de control (GC) y extracción de palabras relevantes para la investigación

Según (Petersen, Feldt, Mujtaba, & Mattsson, 2008) un paso fundamental de un mapeo sistemático de literatura es definir o delimitar los artículos que se consideren relevantes para la investigación, eliminando aquellos que solo mencionan nuestro enfoque principal.

Luego del respectivo análisis de los estudios científicos, se obtuvo el grupo de control (GC) conformado por 3 artículos científicos, como lo muestra Tabla 2:

Tabla 2.

Grupos de Control

Código	Título	Cita	Palabras Clave
EC1	Neurociencia para los líderes de combate: Un planteamiento basado en cómo funciona el cerebro del líder en el campo de batalla moderno	(Steadman, 2011)	cerebro, combate, estrés, comandante, neurociencia, militar, toma de decisiones.
EC2	Identificación de estilos de liderazgo con Datos Aportados por EEG	(Acosta, Suárez, Pinzón, & Rojas, 2017)	estilo, liderazgo, medición, electroencefalograma, estrés, comportamiento, neurociencia
EC3	Implementación de una Interface Cerebro-Computador para la detección de posición con la ayuda de las señales EEG	(Ponce, 2014)	electroencefalograma, emotiv, EEG, BCI, neurociencia, señales cerebrales

Luego de un análisis de los estudios del grupo de control (GC), se seleccionaron las palabras claves y con mayor frecuencia en los artículos científicos, considerando que deben encontrarse estrechamente alineadas al objetivo de la investigación, las cuales fueron: cerebro, neurociencia, estrés, electroencefalograma (EEG), emotiv, BCI, señales cerebrales.

1.6.3 Construcción de la Cadena de Búsqueda

Con las palabras clave que fueron obtenidas de los artículos científicos del grupo de control se conformó la cadena de búsqueda: (“SEÑALES CEREBRALES” OR

“ELECTROENCEFALOGRAMA” OR “ESTRÉS” OR “NEUROCIENCIA”) AND (“EMOTIV” OR “CEREBRO” OR “BCI”), misma que se utilizó en la base digital SCOPUS.

Sin embargo, esta cadena obtuvo un gran número de investigaciones inclusive aquellas que fueron descartadas. Después de realizar varias pruebas con distintas combinaciones de cadenas, se seleccionó la cadena: “(((SEÑALES CEREBRALES, NEUROCIENCIA) AND ELECTROENCEFALOGRAMA, BCI) AND ESTRÉS, EMOTIV)”.

1.6.4 Selección de los estudios primarios

La búsqueda en la base digital SCOPUS, empleando la cadena final retornó 45 artículos científicos, en los cuales se encontró la mayor cantidad de artículos pertenecientes al grupo de control, considerando este aspecto, se determinó como la cadena idónea.

De los 45 artículos obtenidos se aplicaron dos filtros, los cuales son explicados a continuación:

- **Vigencia:** Estudios realizados a partir del año 2012. Se eligió este año debido a que la tecnología avanza rápidamente, por lo que es necesario tener estudios con una relativa actualidad.
- **Tipo de estudio:** Fueron elegidos únicamente estudios del tipo: technical report, conference paper, article y journal paper; debido a su relevancia.

En base a los filtros antes mencionados, y el criterio de los investigadores, se eligieron 6 estudios primarios, los cuales constituyen la base para realizar el estado del arte, los cuales se listan en la Tabla 3.

Tabla 3.
Estudios Primarios

Código	Título	Cita
EP1	Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas utilizando el dispositivo Emotiv EPOC+.	(Chávez, Torres, Herrera, & Hernández, 2016)
EP2	Neurociencias y Toma de Decisiones.	(Kamelman, 2017)
EP3	Neuroscience applied to perception analysis: Heart and emotion when listening to Ecuador's national anthem.	(Rúas, Punín, Gómez, Cuesta, & Ratté, 2015)
EP4	Efecto de la presión psicológica en la amplitud de ondas beta.	(Vargas & Valderrama, 2017)
EP5	Brain waves processing, analysis and acquisition to diagnose stress level in the work environment.	(Ubilluz, Delgado, Marcillo, & Noboa, 2018)
EP6	The control of a Vehicular Automata through brain waves. A case study	(Ubilluz, Delgado, Rodríguez, & López, 2019)

1.6.5 Elaboración del Estado de Arte

EP1 (Chávez et al., 2016): Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas utilizando el dispositivo Emotiv EPOC+

El paper “Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas utilizando el dispositivo Emotiv EPOC+” aborda en forma general el empleo de un EEG portátil de Emotiv llamado EPOC+, en el cual se muestra un procedimiento para la adquisición de señales cerebrales realizando pruebas empleando estímulos visuales y auditivos, con el propósito de visualizar los tipos de comportamientos de las señales cerebrales a través de los 14 canales del dispositivo. Luego de esto, se analiza el comportamiento de las ondas y se sesga la señal con mayor excitación para determinar qué tipo de estímulo

genera mayor exaltación y al final obtener distintos patrones, así como las lecturas de amplitud de las señales.

EP2 (Kamelman, 2017): Neurociencias y Toma de Decisiones

En el artículo “Neurociencias y Toma de Decisiones” su autor habla acerca de los conocimientos del cerebro y su impronta en el neuro aprendizaje y la toma de decisiones pues, ofrecen una oportunidad única para el mejoramiento de la competitividad militar en base al progreso de su capital humano. Es oportuna la incorporación de las Neurociencias en la Gestión Educativa civil y militar como sustrato superador del conocimiento en la toma de decisiones. Las neurociencias explican muchos de los fenómenos vinculados a la psicofisiología del miedo a las pérdidas, el “propio interés” y el “homo lupus homini”, la biocognición del odio, la recompensa del martirio de terroristas, así como las caídas del mercado por percepciones ilusorias que después del daño, se intentan reinterpretar en clichés económicos, etc. El cerebro es, pues, el escenario transaccional de la especie humana donde se dirime la ecuación entre el miedo y la disuasión, entre la aversión a las pérdidas y el sentido de recompensa.

EP3 (Rúas et al., 2015): Neuroscience applied to perception analysis: Heart and emotion when listening to Ecuador’s national anthem

Rúas Araujo en su paper “Neuroscience applied to perception analysis: Heart and emotion when listening to Ecuador’s national anthem” analiza el impacto que provoca en un grupo de estudiantes el Himno Nacional del Ecuador, a través del registro de las alteraciones físicas (estudio de Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, VFC) y

emocionales (programa de reconocimiento facial de emociones) de los participantes. En el resultado de la VFC de los participantes se observaron diferencias en la percepción por género. En el análisis de reconocimiento facial de emociones, los resultados mostraron, mayoritariamente, un patrón secuencial emocional evolutivo de “sorprendido y alegre”, es decir, de complacencia.

EP4 (Vargas & Valderrama, 2017): Efecto de la presión psicológica en la amplitud de ondas beta

Alexandra Vargas en su paper “Efecto de la presión psicológica en la amplitud de ondas beta”, aborda de manera general acerca de la presión psicológica, explicando que es un estado mental que los estudiantes viven diariamente. Cumple un papel fundamental en estados motivacionales y capacidad de respuesta del individuo. Al realizar tareas cognitivas como problemas matemáticos en un tiempo acotado, las personas están sometidas a presión psicológica aguda. En este marco, se utilizó el Emotiv EPOC para recoger datos y analizar los cambios en la actividad cerebral, específicamente en la onda beta, implicada en procesos cognitivos de alta exigencia, en sujetos sometidos a distintos niveles de presión. Los resultados muestran que la presión inhibe la capacidad de respuesta y que existe una correlación entre la amplitud de las ondas beta y la presión.

EP5 (Ubilluz et al., 2018) Brain waves processing, analysis and acquisition to diagnose stress level in the work environment.

En el paper “Brain waves processing, analysis and acquisition to diagnose stress level in the work environment” se brinda un análisis acerca de la adquisición de ondas

cerebrales las cuales han sido una fuente fundamental para mejorar la interacción humano-computador, ya que permite conocer las emociones de un individuo. En esta investigación se analiza el nivel de estrés de un trabajador mediante el empleo de un dispositivo no invasivo colocado en el cabeza llamado Emotiv Insight, el mismo que tiene la capacidad de conectarse a una Interface Cerebro Computador (BCI) y representar los diferentes gestos faciales, así como también, interpretar las señales cerebrales. Una vez adquiridas estas ondas, se las analizó y los resultados permitieron identificar las respuestas que genera un individuo durante una prueba con niveles de estrés elevados.

EP6 (Ubilluz et al., 2019) The control of a Vehicular Automata through brain waves.

A case study.

En el paper “The control of a Vehicular Automata through brain waves. A case study” se obtiene y procesa las señales cerebrales de tres grupos de personas mediante un entrenamiento virtual en el software EmotivXavierControlPanel, seleccionando al grupo que posee mayor concentración y relajación, una vez realizadas las pruebas, se empleó el software Mind Your OSC para obtener las señales que sirvieron para dar los movimientos del autómata, luego de esto, se introdujo el código de programación en Processing el mismo que envió las señales al Arduino y este a su vez al autómata, con el fin de realizar los movimiento de acuerdo a las señales cerebrales, con esto se concluye que gracias a las señales cerebrales se puede realizar el movimiento de prototipos de acuerdo a los requerimientos que se necesiten en los diferentes campos tanto de la salud como de la educación.

1.7 Características del estado del arte

Existe una cantidad limitada de estudios relevantes en cuanto a la aplicación de la investigación acerca de la obtención, procesamiento y análisis de ondas cerebrales para verificar el nivel de estrés de un militar y a la vez que esto influya en la toma de decisiones de la misma, la mayoría no tiene un campo de aplicación delimitado por lo que existen datos muy dispersos e incompletos. Por otro lado, la mayoría de herramientas existentes son de carácter hospitalario lo que dificulta realizar una investigación a nivel de laboratorio educativo. Los estudios mencionados anteriormente brindan algunos métodos y formas de replicación que se han usado y se identificó que la principal limitación son los equipos electroencefalogramas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Ciencia

La ciencia surge de la actividad conjunta de los individuos en la sociedad, se resume en conocimiento del mundo que los rodea y nace como resultado del trabajo intelectual de los hombres. La ciencia conforma un sistema de conocimientos como resultado del proceso de investigación científica, este sistema de conocimientos contribuye a la solución de los problemas que día a día enfrentan las personas en su relación con su medio a través de: principios, categorías, leyes y teorías (Fernández & Rodríguez, 2019).

El proceso de descubrimiento científico no se limita a científicos profesionales que trabajan en laboratorios. La experiencia cotidiana de deducir que su automóvil no arrancará debido a una mala bomba de combustible, o de descubrir que los ciempiés en su patio trasero prefieren rocas sombrías comparte similitudes fundamentales con descubrimientos científicos clásicos como resolver la doble hélice del ADN. Todas estas actividades implican hacer observaciones y analizar evidencias, y todas brindan la satisfacción de encontrar una respuesta que tenga sentido para todos los hechos. De hecho, algunos psicólogos argumentan que la forma en que los humanos aprenden (especialmente cuando son niños) tiene mucha similitud con el progreso de la ciencia: ambos implican hacer observaciones, considerar evidencia, probar ideas, y aferrarse a las que funcionan (Caldwell & Lindberg, 2013).

Los avances tecnológicos en la actualidad surgen gracias a los aportes que la ciencia genera en el medio socio-cultural y socio-económico de la humanidad (Alvarez & Sierra, 1998) Toda ciencia busca encontrar hechos en el mundo real y la sustenta con evidencia con el fin de obtener beneficio para la comunidad científica, así como también para toda la humanidad que pueda aprovechar este nuevo conocimiento (Fernández & Rodríguez, 2019).

2.2 Investigación Científica

La investigación surge como necesidad de búsqueda de conocimiento, dicho conocimiento implica una búsqueda científica y sistemática de información sobre un tema específico de cualquier rama del conocimiento (Alvarez & Sierra, 1998).

Redman y Mory definen la investigación como “un esfuerzo sistematizado para ganar nuevo conocimiento; un conjunto de acciones planificadas que se emprenden con la finalidad de resolver, total o parcialmente, un problema científico determinado”. Además, la investigación implica que el investigador está interesado en más de un resultado particular; él está interesado en la reproducibilidad de sus resultados y en su extensión a situaciones más complejas y generales (Fernández & Rodríguez, 2019).

2.2.1 Características de la Investigación Científica

La investigación científica produce nuevos conocimientos o genera elementos para resolver problemas prácticos, esta cierta forma de hacer las cosas constituye un proceso que, como tal, caracteriza una serie de atributos detallados en la Tabla 4, y sigue una secuencia de etapas para una óptima implementación.

Tabla 4.*Características de la Investigación*

Sistemática	Tiene procedimientos estandarizados y se rige a una manera constante y equivalente de hacer las cosas.
Controlada	No deja hechos al azar, suele ser comparativa.
Empírica	Aplicable a fenómenos observables y medibles de la realidad.
Racional-critica	Valora constantemente de forma objetiva (elimina preferencias personales o juicios de valor).
Reproducible	Implementa procedimientos estandarizados y sistemáticos

Fuente: (Sáenz & Tinoco, 1999)

2.2.2 Tipos de Investigación Científica

Los tipos de investigación científica, depende ampliamente del alcance y la estrategia, además de la rigurosidad, que permite reconocer una jerarquización (describir, relacionar, explicar), de modo tal que la aplicación depende del estado del conocimiento en el tema y del enfoque del estudio. Los tipos básicos de investigación son los siguientes:

2.2.2.1 Investigación Exploratoria

El objetivo es la exploración de un asunto poco estudiado o no abordado antes. Esta investigación es útil para determinar tendencias, identificar relaciones potenciales entre variables y establecer elementos para considerar la realización de estudios posteriores más rigurosos y específicos. Los estudios exploratorios son los más flexibles, amplios y dispersos (Sáenz & Tinoco, 1999).

2.2.2.2 Investigación Descriptiva

Se basa en la medición de uno o más atributos del fenómeno o evento descrito. Con esta investigación se pretende especificar propiedades importantes de las variables

o del tema específico sometido al análisis, tal y como ocurren en la realidad. Los estudios descriptivos se aplican para reportar la medición de conceptos o variables, y aquí es medir con la mayor precisión posible. El tipo descriptivo ofrece una primera posibilidad de formular predicciones incipientes y rudimentarias (Sáenz & Tinoco, 1999).

2.2.2.3 Investigación Correlacional

Su objetivo principal es evaluar el grado de relación que existe entre 2 o más conceptos o variables en un contexto dado. Con este tipo de investigación se cuantifica con precisión las variables individuales, luego se analiza si están relacionadas o no en los mismos sujetos y describe cómo se relacionan. La aplicación correlacional brinda elementos que sustentan la investigación y tiene un valor explicativo parcial (Sáenz & Tinoco, 1999).

2.2.2.4 Investigación Explicativa

Esta investigación está dirigida a responder las causas de los eventos, con sus resultados busca explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se produce, es decir: por qué 2 o más variables están relacionadas. Los estudios explicativos son los más estructurados y giran en torno al establecimiento de relaciones de causalidad, de modo tal que ofrecen elementos para explicar los eventos (Sáenz & Tinoco, 1999).

2.2.2.5 Investigación Predictiva

Parte del hecho de que existen teorías cuya probabilidad ha aumentado gracias a un cierto número de contrastaciones. El objetivo central de estas investigaciones consiste en determinar las causas de los fenómenos y proveer modelos teóricos (explicativos,

abstractos, universales, generales) que permitan elaborar predicciones probabilísticas de determinado fenómeno, para ello se forman modelos que sean simulables o se manejan diseños experimentales (Velazquez, 2016).

2.2.2.6 Investigación Aplicativa

Parte del hecho de que existen teorías cuya probabilidad ha aumentado gracias a un cierto número de contrastaciones. Su objetivo central está en proveer tecnologías o esquemas de acción derivados de los conocimientos teóricos, por ejemplo, la ID investigación + Desarrollo (Velazquez, 2016).

2.2.2.7 Investigación Cuantitativa

Esta investigación emplea técnicas de estadística, matemáticas o computacionales referente a las investigaciones sistemáticas y empíricas. El objetivo de esta investigación es desarrollar y emplear modelos matemáticos, teorías y/o hipótesis relacionados con los fenómenos. Esta investigación generalmente utiliza métodos científicos como la generación de modelos, teorías e hipótesis, el desarrollo de instrumentos y métodos de medición, la manipulación de variables y control experimental, la evaluación de resultados y la colección de data empírica (Robles, 2018).

2.2.2.8 Investigación Cualitativa

La investigación cualitativa se ocupa de los fenómenos cualitativos, es decir, los fenómenos relacionados con o que involucran calidad o bondad (Kothari, 2004). Por ejemplo, cuando estamos interesados en investigar las razones del comportamiento humano (es decir, por qué las personas piensan o hacen ciertas cosas), con frecuencia

hablamos de "Investigación de Motivación", un tipo importante de investigación cualitativa. La investigación cualitativa es especialmente importante en las ciencias del comportamiento, donde el objetivo es descubrir los motivos subyacentes del comportamiento humano (Kothari, 2004).

2.2.2.9 Investigación por Método Inductivo

A través de este método pueden analizarse situaciones particulares mediante un estudio individual de los hechos que formula conclusiones generales, que ayudan al descubrimiento de temas generalizados y teorías que parten de la observación sistemática de la realidad. Es decir, que se refiere a la formulación de hipótesis basadas en lo experimentado y observado de los elementos de estudio para definir leyes de tipo general. Consiste en la recolección de datos ordenados en variables en busca de regularidades (Robles, 2018).

2.2.2.10 Investigación por Método Deductivo

Se refiere a un método que parte de lo general para centrarse en lo específico mediante el razonamiento lógico y las hipótesis que puedan sustentar conclusiones finales. Este proceso parte de los análisis antes planteados, leyes y principios validados y comprobados para ser aplicados a casos particulares. En este método todo el empeño de la investigación se basa en las teorías recolectadas, no en lo observado ni experimentado; se parte de una premisa para esquematizar y concluir la situación de estudio, deduciendo el camino a tomar para implementar las soluciones (Robles, 2018).

En base a las descripciones detalladas, la presente investigación es de carácter exploratorio, debido a que se centra en analizar e investigar aspectos concretos de la realidad que aún no han sido analizados a profundidad (Sáenz & Tinoco, 1999). Así mismo, la investigación es de carácter inductivo, debido a que se basa en la obtención de conclusiones a partir de la observación de hechos (Robles, 2018). Adicionalmente, la investigación es de carácter cuantitativo, dado que utiliza valores numéricos y métodos estadísticos proporcionados por los EEG, para explicar ciertos aspectos involucrados en el problema analizado (Robles, 2018).

2.3 Población y Muestra

La institución militar es una organización plenamente jerarquizada en la cual existen diferentes grados y cargos. Para esta investigación, se ha tomado en cuenta al personal de oficiales en el grado de tenientes de las promociones: PROMOCIÓN 111 JUAN DE LARREA Y GUERRERO y la PROMOCIÓN 114 JOSÉ JOAQUÍN DE OLMEDO, con un total de 273 oficiales.

La primera promoción de oficiales se encuentra cursando un año en el grado, distribuidos en las diferentes unidades de la plaza de Quito y la segunda promoción con cuatro años en el grado, los mismo que se encuentran en la Academia de Guerra del Ejército ubicada en Sangolquí, realizando su curso de ascenso.

El tamaño de la muestra estará dado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

En donde:

N: Total de la población (273 oficiales)

p: Proporción esperada (0.5)

q: 1-p (0.5)

d: Precisión o error muestral deseado (5%)

Z_{α} : Constante que depende del nivel de confianza que se asigne. Los valores más utilizados son:

Tabla 5.

Niveles de confianza

Z	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.00	2.58
Nivel de Confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95.5%	99%

Por lo tanto, al reemplazar los valores en la ecuación, la muestra sería:

$$n = \frac{273 * 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{0.05^2 * (273 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$

$$n = 160$$

La muestra empleada para este trabajo de investigación fue de 160 oficiales, con los cuales se realizó las respectivas pruebas, para obtener sus señales cerebrales y posteriormente analizarlas.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan algunos principios y conceptos teóricos acerca del encéfalo, las bioseñales, la electroencefalografía, Brain Computer Interface (BCI) y el estrés. Además, se incluye información de los principales equipos de electroencefalografía que se encuentran en el mercado y que permiten obtener las señales cerebrales que son de utilidad para el desarrollo del presente proyecto.

3.1 El encéfalo

El encéfalo es un órgano esencial del cuerpo humano, controla funciones tales como la respiración, la vista, el tacto, el movimiento, la temperatura, y todos los procesos que regulan nuestro cuerpo. Está contenido en el cráneo y se compone de tres partes bien diferenciadas: el tronco cerebral, el cerebelo y el cerebro como lo muestra la Figura 2, cuya superficie externa es conocida como corteza cerebral (Bermúdez, 2013).

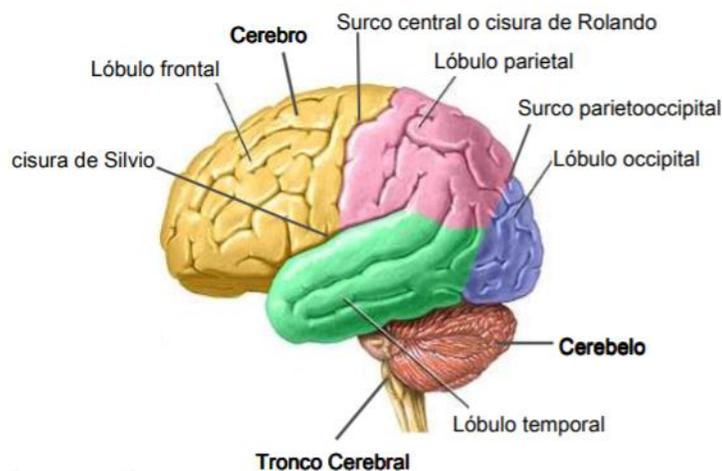


Figura 2. Partes del encéfalo

Fuente: (Bermúdez, 2013)

- **Cerebro:** ocupa casi en su totalidad la cavidad craneal, es el más evolucionado dentro del encéfalo y tiene dos hemisferios en donde ocurren la mayoría de funciones como el movimiento y coordinación; el juicio, razonamiento, emociones y aprendizaje también se dan lugar en el cerebro. En la superficie del cerebro se encuentra el córtex en donde se recibe la información sensorial (Putz, 2008).
- **Cerebelo:** encargado de mantener el equilibrio, funciona como un “filtro pasa bajo” para evitar los movimientos musculares espasmódicos (López I. M., 2013).
- **Tronco Cerebral:** conecta el córtex, la médula espinal y el cerebelo; controla ritmos cardíacos y respiratorios además de ser el centro de diversos reflejos motores (Urgilés & Vásquez, 2017).

3.2 La Actividad Eléctrica del Cerebro

La actividad eléctrica del cerebro está formada por biopotenciales, que se originan en la membrana externa de las células excitables, tales como las que componen el tejido nervioso o muscular. Estas señales eléctricas son de naturaleza iónica (Bermúdez, 2013).

La fuente de la actividad cerebral se da mediante la sinapsis de las neuronas y por dos procesos electroquímicos dentro del encéfalo conocidas como electrogénesis cerebral y electrogénesis cortical (López I. M., 2013).

3.2.1 Células Nerviosas

Las células nerviosas o neuronas son células producto de los procesos fisiológicos que ocurren en el sistema nervioso, están compuestas por el axón, las dendritas y el cuerpo celular como se muestra en la Figura 3. Esta composición le permite a la neurona

conectarse a otras formando así múltiples interconexiones, en este proceso electroquímico conocido como sinapsis, se produce una diferencia de potencial entre las membranas nerviosas por la transmisión de un impulso nervioso (Ropper, 2010).

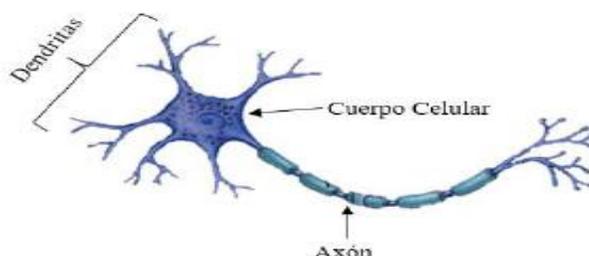


Figura 3. Estructura de una Neurona
Fuente: (Urgilés & Vásquez, 2017)

3.2.2 Electrogénesis Cortical

Tiene lugar en los tejidos que producen actividad sináptica conocidos como generadores corticales, en estos se producen los potenciales postsinápticos excitadores y los potenciales postsinápticos inhibidores, se suman entre sí y dan lugar a potenciales lentos que son las ondas registradas en un EEG. Los generadores corticales se sitúan a 500 y 900 micras de la superficie cortical, los potenciales de acción surgen cuando se da una despolarización al presentarse una tensión positiva en la superficie o mediante una hiperpolarización cuando hay tensión negativa (Guerrero, 2011).

3.2.3 Electrogénesis Cerebral

Se produce en el tejido nervioso que está formado por las neuronas con el fin de generar potenciales eléctricos en la corteza cerebral, la misma que está constituida por capas celulares emisoras y receptoras, estas capas poseen células que contienen un potencial cuantificable llamado potencial transmembrana, este potencial es la fuente de

la electrogénesis cerebral porque produce un potencial de acción que puede ser medido a través de transductores como los electrodos (Guerrero, 2011).

Generalizando, la electrogénesis cerebral se forma en células que posean potenciales transmembrana, al producirse una diferencia de potencial por el intercambio de iones dentro y fuera de la célula nerviosa. Células como las musculares, nerviosas, glandulares y vegetales pueden propagar cambios en la diferencia de potencial; cuando estas células responden ante la presencia de un estímulo, se exhibe una serie de cambios en el potencial de acción y al ser registrados mediante un EEG se puede obtener información acerca de la señal bioeléctrica (Pinillos, 2003).

3.3 Electroencefalograma (EEG)

Existen diferentes técnicas para medir la actividad eléctrica del cerebro, estas se diferencian por el nivel de profundidad en dónde se colocan los electrodos para adquirir la señal (Vaughan, Wolpaw, & Donchin, 1996):

- **Electroencefalografía Profunda:** se utilizan microelectrodos implantados en el interior del cerebro mediante una intervención quirúrgica.
- **Electrocorticograma (ECoG):** utiliza electrodos corticales colocados directamente sobre la corteza cerebral. En este caso también es necesaria una intervención quirúrgica para colocarlos electrodos.
- **Electroencefalograma (EEG):** utiliza electrodos superficiales, colocados sobre la superficie del cuero cabelludo. Es una técnica no invasiva.

A medida que los registros se toman más cerca del cerebro, se obtienen señales con mejor relación señal a ruido y mejor resolución espacial, ya que refleja la actividad de menor número de neuronas. El carácter invasivo de las técnicas que requieren de intervención quirúrgica hace que estas técnicas se reserven para casos muy particulares.

Por el contrario, en las señales obtenidas mediante el EEG superficial se ve reflejada la actividad eléctrica de un gran número de neuronas, ubicadas en grandes áreas de la corteza cerebral (Vaughan, Wolpaw, & Donchin, 1996).

3.4 Las señales Electroencefalográficas

Las señales EEG son el producto de la actividad cerebral que está presente incluso en ausencia de estímulos, estas señales EEG adquiridas son de amplitudes extremadamente pequeñas con un rango de tensión de $5\mu\text{V}$ a $200\mu\text{V}$, mientras que su frecuencia está en el rango de 0.5Hz a 80Hz como se muestra en la Figura 4, estas son afectadas por señales que no son de interés como el ruido eléctrico (Ruido de 60Hz), el ruido que genera el cuerpo, artefactos, ruido generado por los componentes electrónicos y el posicionamiento de los electrodos en el cuero cabelludo (Saa, Escorcía, & Manco, 2008)

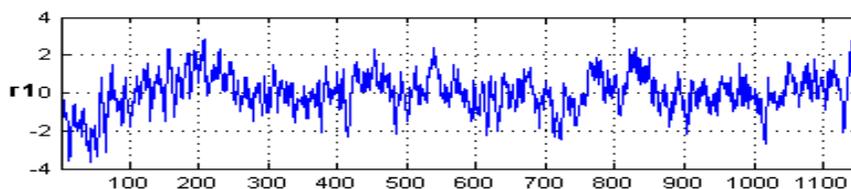


Figura 4. Señal de un Electroencefalograma

Fuente: (Swathi & Rajapakse, 2008)

3.5 Ondas Cerebrales

Las ondas cerebrales son los distintos ritmos que tiene la actividad eléctrica cerebral, estos impulsos eléctricos son producidos por las neuronas, y transmiten la información por todo el cerebro pasándola de una neurona a otra (Putz, 2008).

Estas ondas se producen cuando el cerebro recibe algún tipo de estímulo externo o pensamiento en concreto, las mismas que se encuentran en la orden de los micro voltios, se las puede obtener, procesar y analizar con los electroencefalogramas, que tienen la capacidad de captar y amplificar los impulsos cerebrales. Su clasificación se ha realizado de acuerdo a su frecuencia y amplitud empleando las letras griegas alfa, beta, delta, theta, gamma.

3.5.1 Ondas Alfa

Las Ondas Alfa se presentan cuando la persona se encuentra en un estado de relajación y reposo, es decir con los ojos cerrados y sin realizar ninguna actividad mental (Urgilés & Vásquez, 2017).

Se caracteriza por la presencia de ondas regulares, monomorfas y tienen un aspecto fusiforme o sinusoidal como lo muestra la Figura 5. Puede aparecer en ambos hemisferios con variaciones de ± 2.5 ms entre ambos (Tejeiro, 2008).

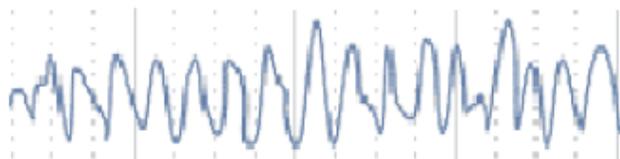


Figura 5. Ondas Alfa
Fuente: (Changoluisa & Escalante, 2012)

La frecuencia de la onda Alfa se encuentra entre 8 y 13 Hz en adultos y permanece constante, variando ± 1 Hz (la frecuencia media del ritmo Alfa en un adulto normal se ha establecido en $10,2 \pm 0,9$ Hz), (Tejeiro, 2008).

La amplitud de la onda Alfa puede ir desde los 15 μ V y varía de acuerdo a la posición de los electrodos o cambios en la densidad ósea (Martínez & Trout, 2006).

3.5.2 Ondas Beta

Las Ondas Beta se encuentran presente cuando las personas están en un estado de alerta, despierta, realizando actividades y especialmente en situaciones de estrés y concentración mental.

Esta onda es más fuerte durante la somnolencia y puede llegar a desaparecer durante el sueño profundo, se incrementa durante la quinta fase del sueño, caracterizado por el movimiento acelerado de los ojos (Tejeiro, 2008). Las ondas Beta son ondas rápidas y reflejan la actividad mental cuando se tiene los ojos abiertos, existen dos regiones Beta I y Beta II, la Beta II aparece durante la activación intensa del sistema nervioso central, disminuyendo entonces las Beta I (Guerrero, 2011).

La frecuencia se encuentra entre 13 y 18 - 25 Hz (Tejeiro, 2008). Las ondas Beta cubren la banda entre 13 y 22 Hz.

La amplitud suele ser baja como se muestra en la Figura 6, comprendida entre 5 - 10 μ V, si llega a superar los 30 μ V se considera una anormalidad (Tejeiro, 2008).

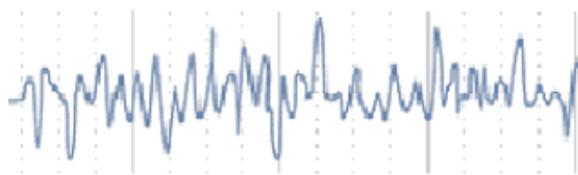


Figura 6. Ondas Beta
Fuente: (Changoluisa & Escalante, 2012)

3.5.3 Ondas Delta

La Onda Delta se presenta como oscilaciones de la actividad cerebral detectadas en el cerebro humano durante la etapa de sueño profundo, en casos de daño cerebral y coma. Las ondas Delta no están presentes en el movimiento rápido de los ojos, ni en las etapas 1 y 2 del sueño (Nácher, Ledberg, Deco, & Romo, 2013).

Suelen oscilar en un rango de 0.5 - 4 Hz (Sanei & Chambers, 2013). Pero pueden presentarse también de 1 - 4 Hz (Nácher, Ledberg, Deco, & Romo, 2013).

La amplitud es variable, mayor a 50 μ V considerada normal (Martínez & Trout, 2006).

3.5.4 Ondas Theta

La Onda Theta se compone por ondas de diversa morfología porque puede presentarse ondas regulares e irregulares, de escasa duración y suelen aparecer en las regiones temporales. (Tejeiro, 2008)

La onda Theta puede distribuirse a lo largo de la zona fronto central, es propia de niños entre 3 meses y 5 años durante las fases de sueño I y II; durante una hiperventilación y la fatiga (Martínez & Trout, 2006).

La frecuencia está comprendida en la banda de 4 - 8 Hz (Tejeiro, 2008). Su amplitud puede ser de 40 μ V considerada normal (Martínez & Trout, 2006).

3.5.5 Ondas Gamma

La Onda Gamma se presenta en la corteza visual y se lo ha asociado al proceso de percepción consciente; se puede presentar en el hipocampo, corteza frontal y lóbulo temporal al momento de memorizar y en el momento posterior de la acción (Buzsáki, 2006). Los niveles altos de onda Gamma se han asociado a los niveles de inteligencia y auto control, también se presentan en la generación de sentimientos de compasión y felicidad (Urgilés & Vásquez, 2017). Tienen lugar en el rango de 25 - 100

En la Figura 7, se muestran los rangos de frecuencia de cada una de las ondas cerebrales que son captadas por el electroencefalograma.

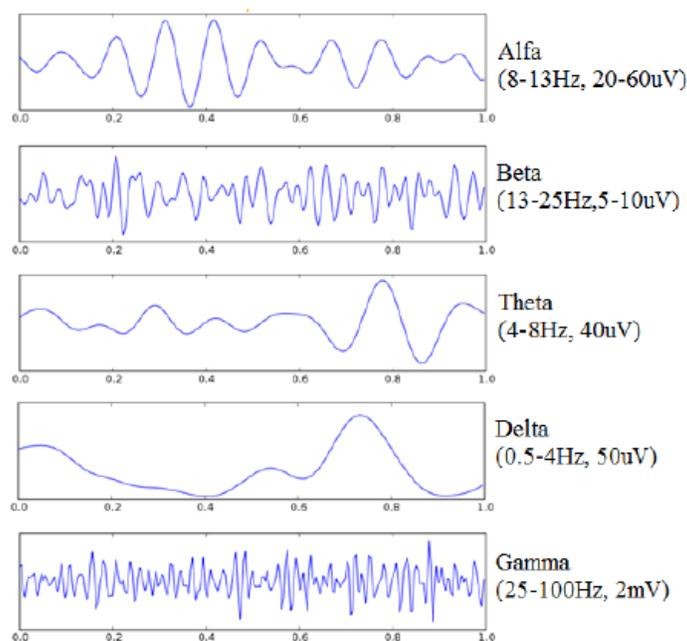


Figura 7. Rangos de frecuencia de las Ondas Cerebrales
Fuente: (Urgilés & Vásquez, 2017)

3.6 Interface cerebro computador (BCI)

En 1973, Vidal define que el sistema BCI (Brain-Computer Interface, por sus siglas en inglés) se orienta a utilizar tanto el EEG (Electroencefalograma) espontáneo y específico para evocar respuestas provocadas por la estimulación que depende del tiempo en diversas condiciones con el fin de controlar un aparato externo (Sandoval, Cabestany, & Prieto, 2011).

Para el 2002, los científicos Wolpaw, Birbaumer, McFarland, Pfurtscheller y Vaughan, definen que una interface directa cerebro-ordenador es un dispositivo que proporciona al cerebro una nueva comunicación de control de tipo no muscular (López M. , 2009).

Actualmente se conocen como sistemas de interface cerebro-computadora o BCI a los sistemas que capturan las manifestaciones eléctricas, magnéticas o de otro tipo de la actividad cerebral, descifrando la intención del usuario de moverse o comunicarse a través del análisis de señales eléctricas cerebrales como lo indica la Figura 8, posteriormente estas señales serán convertidas en comandos para operar algún dispositivo por medio de un procesamiento digital efectuado en tiempo real (Gutiérrez, Cantillo, Cariño, & Elías, 2013).



Figura 8. Interface Cerebro Computador
Fuente: (Ponce, 2014)

3.6.1 Tipos de BCI

Una BCI de acuerdo a su funcionamiento puede ser síncrona o asíncrona, la síncrona analiza la señal solamente en ciertos intervalos de tiempo e ignora cualquier señal fuera de estos intervalos, mientras que la asíncrona analiza continuamente las señales (Vaca, 2017), las BCI se clasifican según la naturaleza de la señal de control en las siguientes:

3.6.1.1 BCI Endógenos:

Estos sistemas dependen únicamente de la capacidad del usuario para controlar características determinadas en su actividad cerebral como amplitud en una banda específica de frecuencia de las señales EEG registradas sobre una zona concreta de la corteza cerebral, por lo cual requieren mucho entrenamiento por parte del usuario (Vaca, 2017).

Los sistemas BCI endógenos son:

- **Potenciales corticales lentos.** - Se basan en la teoría de la regulación voluntaria en el nivel promedio de EEG por parte del usuario, son cambios de voltaje lentos que pueden apreciarse en intervalos superiores a los 5 segundos tiene una componente espectral en un rango de 0.1Hz a 1Hz, muchos estudios han demostrado que los humanos son capaces de controlar dichos potenciales (Vaca, 2017).
- **Ritmos Sensoriomotores μ y β .** - Se basan en variaciones de las ondas μ y β registrados sobre la zona somatosensorial y motora de la corteza cerebral, estas variaciones se presentan tanto al ejecutar un movimiento real como al imaginar un movimiento (Vaca, 2017).

3.6.1.2 BCI Exógenos:

Los sistemas BCI exógenos dependen de la actividad electrofisiológica evocada por estímulos externos para producir una serie de respuestas fisiológicas que serán moduladas de forma voluntaria por el sujeto mediante tareas cognitivas. La modulación voluntaria de estas respuestas fisiológicas causa distintos patrones de actividad cerebral que serán usados en los sistemas BCI (Nureibis & Muñoz, 2014).

- **Potenciales evocados visuales (VEP).** - Son potenciales recogidos sobre la corteza visual se basan en los potenciales producidos ante la presencia de un estímulo visual, los VEP de estado estable (SSVEP) son respuestas periódicas

causadas por la presentación repetida de una serie de estímulos visuales a una frecuencia superior a 6 Hz (Vaca, 2017).

- **Potenciales evocados P300.** - Es un pico de amplitud que se presenta en el registro de señales EEG aproximadamente unos 300ms después de haberse producido un estímulo auditivo o visual, este potencial se observa principalmente en las zonas central y parietal de la corteza cerebral; es poco frecuente y está mezclado con otros estímulos, lo que provoca la aparición de este potencial P300 (Vaca, 2017).

Cada tipo de BCI posee su ventaja y desventaja, las cuales se encuentran especificadas en la Tabla 6.

Tabla 6.

Comparación de tipos de BCI

Tipos de BCI	Potenciales	Ventajas	Desventajas
BCI Endógenos	Potenciales corticales lentos Ritmos sensoriomotores	<ul style="list-style-type: none"> • Independiente de cualquier tipo de estímulo. • Operada libremente. • Para usuarios con órganos sensoriales afectados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento largo (semanas o meses). • No todos los usuarios son capaces de obtener el control.
BCI Exógenos	SSVEP P300	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento mínimo. • Control fácil de señal. • Necesita únicamente un canal EEG. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atención permanente al estímulo. • Puede causar cansancio en algunos usuarios.

Fuente: (Vaca, 2017)

3.6.2 Estructura de un BCI

Un sistema BCI está estructurado básicamente por 3 etapas que son: adquisición, procesamiento de las señales EEG y salida o aplicación, como lo muestra la Figura 9.



Figura 9. Estructura funcional de un BCI
Fuente: (Merchán, 2011)

3.6.2.1 Adquisición de la Señal

La etapa de adquisición representa la obtención de los potenciales bioeléctricos que se generan en el cerebro y que pueden ser detectados a través de electrodos aplicados en el cuero cabelludo (Urgilés & Vásquez, 2017).

La adquisición de señales mide los cambios en tiempo real de la actividad cerebral por medio de sensores, en consecuencia, dando al usuario una forma de comunicarse con el sistema BCI; para la adquisición de señales producidas por la actividad cerebral existen dos métodos principales:

- **No invasivo:** El método no invasivo consiste en ubicar una serie de electrodos en la superficie del cuero cabelludo (figura 10), sin necesidad de una experiencia quirúrgica que podría exponer al usuario a posibles infecciones, lesiones cerebrales que en consecuencia la llevarían a una reducción de la funcionalidad del cerebro o en peores circunstancias pondría en riesgo la vida.

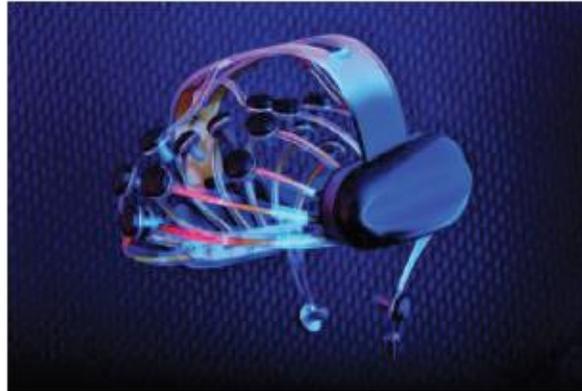


Figura 10. Dispositivo no invasivo
Fuente: (Ponce, 2014)

- **Invasivo**: El método invasivo consiste en llevar a cabo una cirugía para implantar los sensores necesarios (figura 11), este procedimiento quirúrgico se llama craneotomía que consiste en la apertura del cráneo y el corte de las membranas que recubren el cerebro.

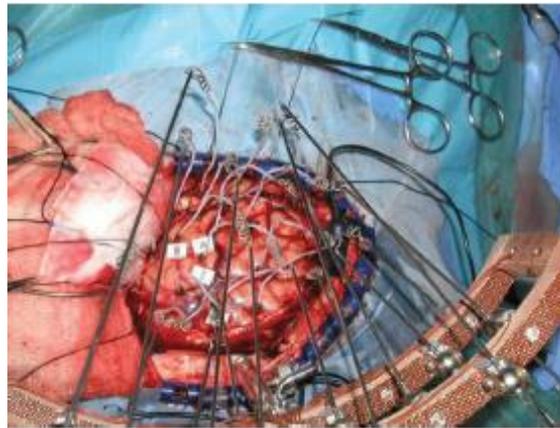


Figura 11. Dispositivo invasivo
Fuente: (Beltramone, 2010)

3.6.2.2 Procesado de la Señal

En el procesamiento se encuentra una etapa de pre procesamiento que consiste en un filtrado, amplificación, digitalización, extracción de características y clasificación de las

señales, esta etapa es la más importante ya que se la realiza con el objetivo de eliminar posibles artefactos que contaminan la señal EEG (Urgilés & Vásquez, 2017).

3.6.2.3 Aplicación

Se encuentra la etapa de salida, donde las señales son transformadas para generar comandos de control. También es necesaria una retroalimentación para indicar el rendimiento del individuo (Pinillos, 2003).

Los sistemas BCI exógenos dependen de la actividad electrofisiológica evocada por estímulos externos para producir una serie de respuestas fisiológicas que serán moduladas de forma voluntaria por el sujeto mediante tareas cognitivas. La modulación voluntaria de estas respuestas fisiológicas causa distintos patrones de actividad cerebral que serán usados en los sistemas BCI (Nureibis & Muñoz, 2014).

3.6.3 Equipos para sistemas BCI

En la actualidad existen varias empresas que desarrollan dispositivos EEG para realizar distintas aplicaciones neuronales dentro de la educación, medicina, entretenimiento e investigación entre los que destacan:

3.6.3.1 Neurosky



Figura 12. Logo de NeuroSky
Fuente: (NeuroSky, 2019)

NeuroSky® es una compañía de manufactura de productos con tecnología BCI fundada en 2004 en California. NeuroSky® ha lanzado al mercado los productos MindSet y MindWave, diseñados para dar mayor flexibilidad de uso ya que son de código abierto, lo que permite el desarrollo de nuevas aplicaciones (Hernández, 2014).

MindWave Mobile (figura 13) de NeuroSky es una diadema que capta las ondas EGG y el pestañeo del usuario que la porta. Está pensada para usarse con dispositivos móviles (IOS y Android) y computadoras de escritorio Mac o Windows. Cuenta con varias aplicaciones compatibles en las diferentes tiendas móviles (Villamor, 2014)



Figura 13. Mindwave
Fuente: (NeuroSky, 2019)

3.6.3.2 OpenBCI



Figura 14. Logo de OpenBCI
Fuente: (OpenBCI, 2019)

OpenBCI, significa interface de cerebro-computadora de código abierto, la misma que proporciona a cualquier persona una computadora y las herramientas necesarias para probar la actividad eléctrica del cuerpo. Estos sistemas de biosensores versátiles y

asequibles se pueden utilizar para muestrear la actividad cerebral eléctrica (EEG), la actividad muscular (EMG), la frecuencia cardíaca (ECG), el movimiento corporal y mucho más. Los auriculares EEG imprimibles en 3D se pueden utilizar para obtener grabaciones de EEG de grado de investigación como lo muestra la Figura 15 (OpenBCI, 2019).



Figura 15. EEG de OpenBCI
Fuente: (OpenBCI, 2019)

3.6.3.3 MUSE



Figura 16. Logo de MUSE
Fuente: (muse, 2018)

La compañía InteraXon junto a su grupo de desarrolladores de Canadá desde 2014 ofrece MUSE™, este producto es un dispositivo de detección de ondas cerebrales, tiene forma de banda elástica para colocarse alrededor de la cabeza, ha sido diseñado con el fin de que las personas puedan llegar a sus puntos máximos de meditación.

Este dispositivo interactúa con dispositivos móviles a través de conexión Bluetooth® y la actividad cerebral es detectada a través de una serie de sensores EEG

como lo muestra la Figura 17, el nivel de actividad se retroalimenta al usuario por medio de auriculares. El fin de este producto es ayudar a las personas con trastornos emocionales producidos por estrés, depresión, enfermedades crónicas entre otras (Urgilés & Vásquez, 2017).



Figura 17. Diadema de EEG MUSE
Fuente: (Urgilés & Vásquez, 2017)

3.6.3.4 EMOTIV

EMOTIV

Figura 18. Logo de EMOTIV
Fuente: (Emotiv, 2019)

Emotiv Systems es una empresa australiana que se fundó en 2003 por Allan Snyder, Neil Weste, Tan Le y Nam Do, la misma que se especializaba en desarrollar interfaces cerebro-computador y aparatos Electroencefalográficos, desarrollando la primera versión de emotiv EPOC. En 2010 Tan Le se separó de la sociedad para establecer una entidad estadounidense Emotiv Lifesciences Inc. Y en 2013 cambio su nombre oficial a Emotiv Inc. En este año la compañía rediseño y lanzo Emotiv EPOC+. En octubre de 2015 Se lanzo de manera oficial Emotiv Insight. (Emotiv, 2019)

Estos dispositivos se basan en dos trabajos principales: electroencefalograma con la grabación de la actividad eléctrica cerebral, producido por los disparos de neuronas en el cerebro y las interfaces cerebro computadora (BCI) las cuales pertenecen a la comunicación entre el cerebro y un dispositivo externo.

Los dispositivos de Emotiv miden la actividad eléctrica cerebral y los movimientos o gestos de la cara. La interface procesa las señales eléctricas vinculadas a la actividad del cerebro y las convierte en comandos o lenguaje que pueda ser entendido por la computadora, para desarrollar distintos tipos de aplicaciones en el ámbito educativo, investigativo y de salud.

El EMOTIV EPOC+ es el pionero en EEG móviles simples de usar (Figura 19), de alta calidad, reconocidos y validados por la comunidad científica, ofrece acceso a avanzadas tecnologías de monitoreo cerebral y evaluación cognitiva (Emotiv, 2019). La compañía ofrece dispositivos de 5 y 14 canales.

3.6.3 Emotiv EPOC+



Figura 19. EMOTIV EPOC+
Fuente: (Emotiv, 2019)

Está diseñado para la investigación del cerebro de una manera escalable y contextual, emplea aplicaciones avanzadas de interface cerebro-computador y brinda acceso a datos cerebrales de grado profesional con un diseño rápido y fácil de usar.

Emotiv Epoc+ adquiere las señales cerebrales mediante 14 electrodos, colocados en zonas específicas de la cabeza, además posee dos referencias ubicadas la una detrás de la oreja y la otra es un receptor USB, el mismo que envía las señales al computador a través de comunicación Wireless, este dispositivo se encuentra junto a un kit con un instalador, cable conector y una solución salina para hidratar los electrodos, como se muestra en la Figura 20.

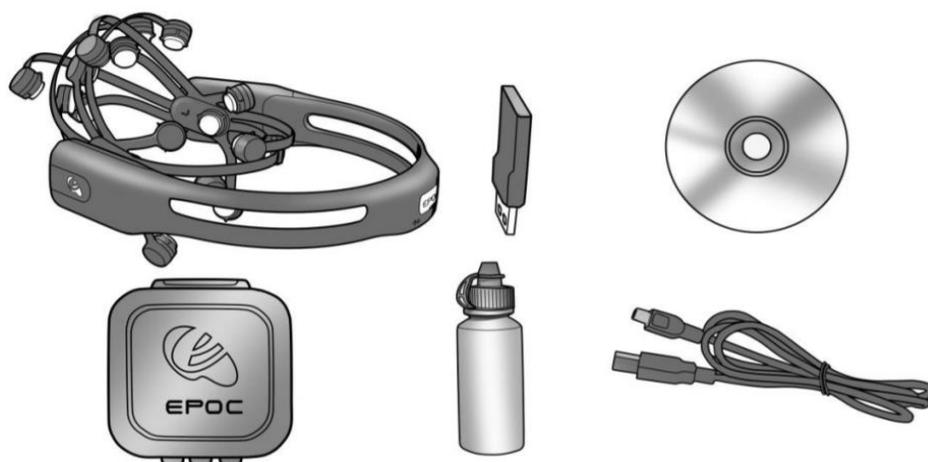


Figura 20. Kit de Emotiv EPOC+
Fuente: (Emotiv, 2019)

Las principales características que posee el EEG Emotiv Epoc+ se detallan en la tabla 7.

Tabla 7.
Características de Emotiv EPOC+

Sensor de EEG y Plataformas	Sensor de movimiento	de	Señales de EEG
Conectividad 14 canales: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4	Ventanas: 7,8,10; 8GB de RAM; 500 MB en disco	Frecuencia de muestreo: 0/32/64 Hz (configurado por el usuario)	Método de muestreo: muestreo secuencial, ADC único
Referencias: CMS/DRL en P3/P4; alternativa proceso izquierdo/derecha mastoidea	MAC: OS X; 8GB de RAM; 500 MB de espacio disponible en disco	Parte IMU: ICM-20948 Cuaterniones: normalizados, 4D Resolución: 16 bits	Velocidad de muestreo: 2048 submuestreo interno a 128 SPS o 256 SPS (configurado por el usuario)
Sensor con almohadillas de fieltro empapadas en solución salina	iOS: 9 o superior; iPhone 5+, iPod Touch 6, iPad 3+, iPad mini	Acelerómetro: 3 ejes +/- 4g Magnetómetro: 3 ejes +/- 4900uT	Resolución: 14 bits con 1 LSB = 0.51µV (ADC de 16 bits, piso de ruido instrumental de 2 bits descartado), o 16 bits (configurado por el usuario)
Wireless: bluetooth low energy	Android: 4.43+ (excluyendo 5.0);	Batería: Batería interna de polímero de litio 640 mAh	Ancho de banda: 0.16 - 43Hz, filtros de muesca digital a 50Hz y 60Hz
Receptor USB propietario con banda de 2.4 GHZ			Modo de acoplamiento: AC acoplado
USB para cambiar la configuración del auricular.			Rango dinámico (entrada referida): 8400 µV (pp)

Fuente: (Emotiv, 2019)

Los electrodos están nombrados con base al Sistema Internacional 10-20 de posicionamiento de canales, los cuales son: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4, con los dos canales de referencia en las posiciones P3 y P4 respectivamente como lo muestra la Figura 21. El sistema 10-20 es un estándar de

colocación de electrodos para realizar pruebas de electroencefalogramas, es la base que Emotiv Epoc+ tiene para colocar sus electrodos.

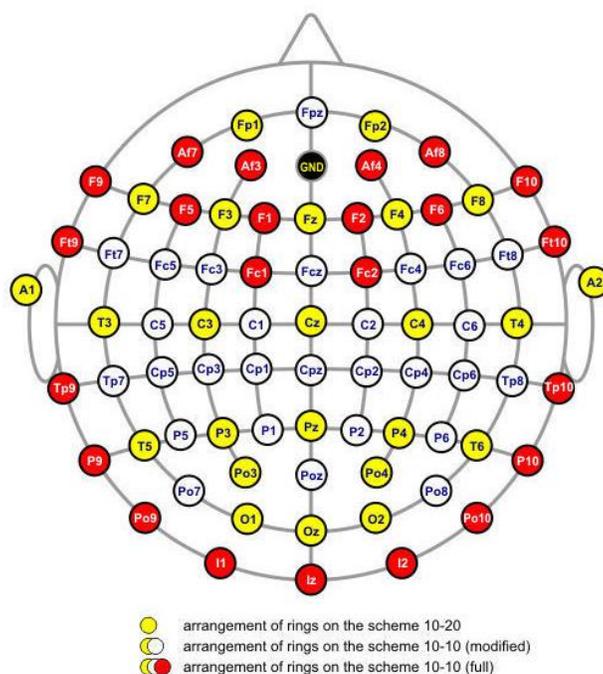


Figura 21. Sistema Internacional 10-20

Fuente: (Ponce, 2014)

El sistema se basa en la reacción entre la localización de un electrodo y el área del córtex cerebral subyacente. El “10” y “20” se refieren a la distancia entre dos electrodos adyacentes que es el 10% de la longitud del cráneo desde la Nasion hasta el Inion o del 20% de la distancia entre ambos puntos pre auriculares pasando por el vertex, (Figura 22) nótese que la letra empleada para el nombre de los puntos de contacto identifica al lóbulo y el número, y a la ubicación dentro del hemisferio. Siendo las letras F, T, C, P y O las iniciales de frontal, temporal, central, parietal y occipital respectivamente (La letra C se utiliza para identificar la línea horizontal central y no hace referencia a

ningún lóbulo). Los números pares se corresponden con electrodos en el hemisferio derecho y los impares con los del izquierdo. (Ponce, 2014)

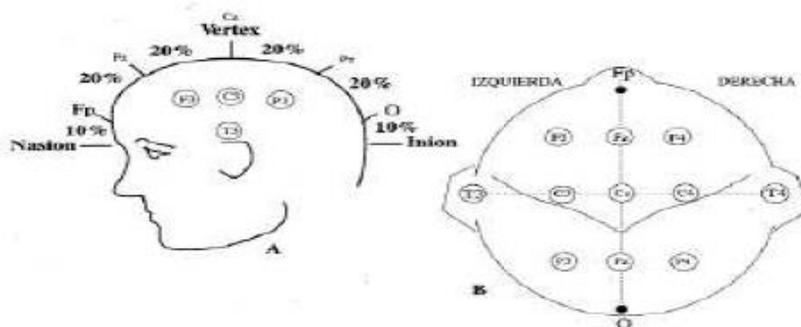


Figura 22. Electrodo en el córtex cerebral
Fuente: (Ponce, 2014)

4.2.1.1 Colocación y uso de Emotiv EPOC+

En primer lugar, se procede a hidratar las almohadillas con la solución salina que se encuentra en el kit, la misma que permite la conducción de la actividad eléctrica, esta solución es multiuso estándar, en la Figura 23 se muestra la manera de humectar las almohadillas.



Figura 23. Hidratación de almohadillas
Fuente: (Emotiv, 2019)

Al terminar el proceso de hidratación, se retira los sensores de su estuche para ser colocados en los brazos del receptor, girándolos hasta que se mantengan fijos como lo muestra la Figura 24.

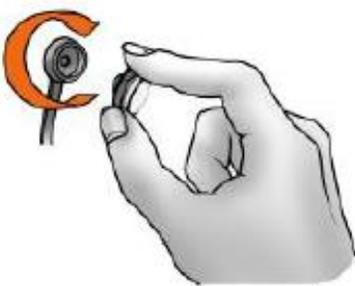


Figura 24. Colocación de sensores
Fuente: (Emotiv, 2019)

Finalmente se coloca el USB Wireless en el computador para realizar la conexión vía bluetooth con el Emotiv EPOC+ como se muestra en la Figura 25.



Figura 25. Conexión vía bluetooth

Para realizar la adquisición y procesamiento de las señales cerebrales, se coloca el receptor en la cabeza, verificando que se encuentre en modo encendido, tomando las referencias que posee Emotiv EPOC+ para que los sensores sintonicen las señales de manera correcta como se muestra en la Figura 26.

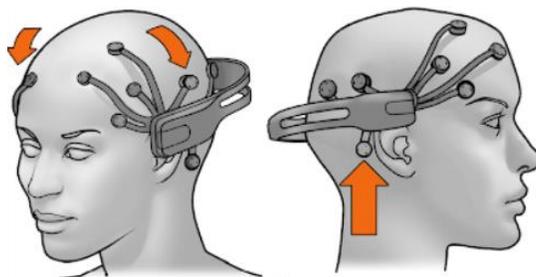


Figura 26. Colocación de Emotiv EPOC+ en la cabeza

Fuente: (Emotiv, 2019)

Cuando se finaliza la práctica, los sensores son retirados de los brazos y almacenados en el paquete hidratante para su posterior uso.

3.7 Estrés

La palabra estrés se utiliza con significados múltiples. En ocasiones se la aplica para definir aquello que Hans Selye denomina distrés o mal estrés, que consiste en “la ocurrencia de una situación traumática como puede ser un drama amoroso”. Otros profesionales de la salud hablan del estrés cuando se evidencia una respuesta biológica a determinados psicotraumas manifestada en los sistemas nervioso, endocrino o inmunitario que suele expresarse en taquicardia, sudoración, secreción de noradrenalina y cortisol.

El término estrés también se denomina a la respuesta psíquica que se manifiesta por pensamientos, emociones y acciones ante la situación de amenaza, y que se expresa a través de comportamientos como estados de perplejidad, de ansiedad, de humor o de agresión, cuando el ser humano está bajo situaciones que no sean del ámbito cotidiano ser verá afectado el rendimiento de respuesta y carácter emocional en su entorno. (Orlandini, 2012)

3.7.1 Estresor

Los estresores pueden ser definidos como cualquier evento que cause impacto o impresión en el organismo humano. Así, pueden generar estrés como una causa única o pueden aparecer en varias situaciones dentro de la vida diaria.

Los estresores actúan dándole exigencias al organismo y este responde tratando de adaptarse a ellas. Cualquier suceso, situación, persona u objeto que se perciba como estímulo, puede provocar una respuesta de estrés en la persona (Press, 2019)

En la tabla 8 se realiza una categorización de los estresores de acuerdo a los factores presentes que influyen en la persona.

Tabla 8.

Síntesis categórica de factores estresores

Factores Psicosociales	<ul style="list-style-type: none"> • Acontecimientos o cambios vitales, generados en la propia esfera del trabajador o en su entorno. • Eventos socio-culturales. Eventos dentro del rango social, pero de un ámbito más amplio que implica un cambio cultural
Factores Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso o necesidades de carácter fisiológico u orgánico.
Factores Físicos Químicos y Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Aborda los estímulos dentro de los tres ámbitos mencionados. Estos elementos se encuentran muy relacionados con los factores biológicos, ya que en general, constituyen estímulos que desencadenan procesos fisiológicos.
Factores Psicológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Esta categoría posee una característica específica, aplica una valoración personal del fenómeno y de acuerdo con esta valoración cualquier estímulo puede transformarse en un estresor.
Factores Laborales	<ul style="list-style-type: none"> • Cualquier elemento o hecho relacionado con el trabajo puede resultar para alguien en determinado momento, productor de estrés.

Fuente: (Zhañay, 2017)

3.7.2 Fases del Estrés

Según los estudios realizados las fases del estrés son tres como se muestra en la Figura 27, estas fases son definidas como el "Síndrome General de Adaptación", mientras el organismo atraviesa estas tres etapas, se libera químicos y hormonas que, al actuar durante un tiempo dilatado, terminan estresando a la persona.



Figura 27. Fases del Estrés
Fuente: (Zhañay, 2017)

3.7.2.1 Fase de alarma

Se trata de una reacción natural del organismo frente a un factor o causa estresante. Nuestro organismo comienza a prepararse para hacer frente a lo que considera una agresión externa que exige un esfuerzo extra. Es entonces cuando comienza a liberarse adrenalina y otras hormonas que pueden provocar síntomas como aceleración del ritmo cardíaco y la respiración, mayor presión arterial y ansiedad. Es generalmente una fase de corta duración (Zhañay, 2017).

3.7.2.2 Fase de resistencia

Es la etapa en la cual el individuo se mantiene activo mientras dura la estimulación y aunque aparecen los primeros síntomas de cansancio, se sigue respondiendo bien.

Cuando la situación estresante cesa, el organismo vuelve a la normalidad. El cuerpo se estabiliza o se “normaliza” y los síntomas tienden a reducirse cuando la situación empieza a estar bajo control. Sin embargo, durante esta fase, el trabajador consume una mayor cantidad de recursos (recursos que no son ilimitados). La duración de esta fase puede ser muy variable, dependiendo de la resistencia al estrés del empleado, en la que influyen tanto factores biológicos como psicosociales. Si los factores estresantes se prolongan demasiado en el tiempo, nuestro cuerpo pasa a la siguiente fase (Zhañay, 2017).

3.7.2.3 Fase de agotamiento

Es la etapa en la que si la activación, de estímulos y demandas no disminuyen el nivel de resistencia termina por agotar al individuo, generando problemas físicos y psíquicos. Es una fase de agotamiento físico y mental, en la que el organismo ya no puede seguir resistiendo las agresiones del entorno y que puede ocasionar consecuencias serias para la salud si se da de modo repetitivo y prolongado (Zhañay, 2017).

3.7.3 Estrés laboral

El estrés laboral es propio de las sociedades industrializadas, en las que la creciente presión en el entorno laboral puede provocar la saturación física o mental del trabajador, generando diversas consecuencias que no sólo afectan a su salud, sino también a la de su entorno más próximo (Rincon, 2011).

El estrés laboral debe ser tratado oportunamente para evitar las consecuencias especificadas en la tabla 9, que afectan de gran manera a las personas.

Tabla 9.
Consecuencias del estrés laboral

Fisiológico	Cognitivo - Emocional	Conductual
Aumento de ritmo cardiaco	Excesiva preocupación	Deterioro de las relaciones interpersonales
Aumento de la frecuencia respiratoria	Dificultad para concentrarse y mantener la atención	Agitación motora (Hiperactividad)
Aumento de la tensión muscular	Desorientación y/o confusión mental	Explosiones emocionales
Aumento de los niveles de adrenalina	Pérdida de memoria (olvidos y/o despistes)	Trastornos alimentarios
Disminución de la activación del sistema digestivo	Disminución de las habilidades en la solución de problemas	Aumento del consumo de tabaco alcohol y otras sustancias
Incremento del metabolismo basal	Incremento de la emocionalidad negativa	Automedicación
Incremento del colesterol y liberación de ácidos grasos en la sangre	Aumento de la labilidad emocional	Conflictos familiares
Aumento de los niveles corticoides	Disminución de la autoestima	Absentismo laboral
Inhibición del sistema inmunológico	Aumento de la susceptibilidad y/o vulnerabilidad	Conflictividad laboral

Fuente: (Zhañay, 2017)

CAPÍTULO IV

DESCRIPCION DEL SISTEMA

En este capítulo se describe de manera específica el software y hardware empleados para el desarrollo del presente proyecto de investigación; además, la descripción del sistema empleado para analizar las ondas Alfa y Beta del cerebro con su respectiva experimentación y análisis.

4.2 Software EmotivPRO

El software EmotivPRO es una herramienta desarrollada por Emotiv para la investigación y desarrollo, nos permite visualizar en tiempo real las señales adquiridas por el EEG, está diseñada para ser empleada en las plataformas de Windows y Mac.

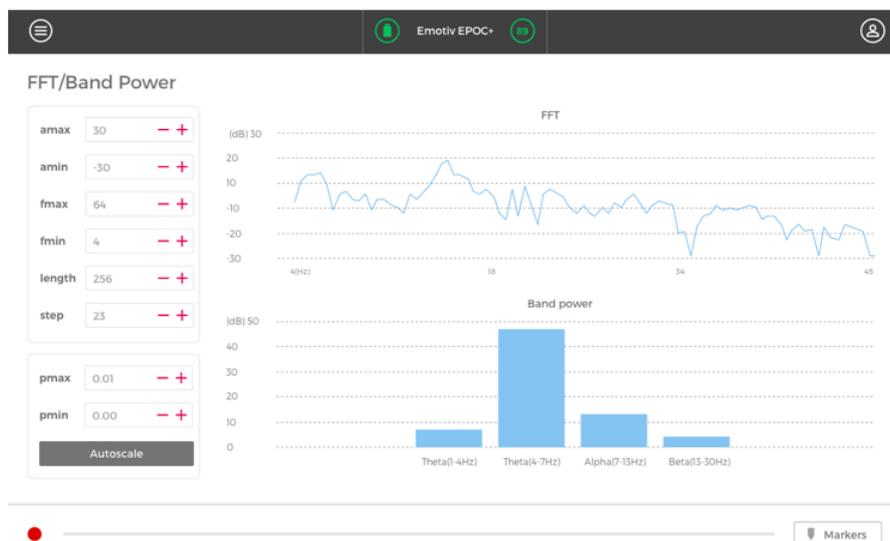


Figura 28. EmotivPRO

4.2.2.1 Características de Emotiv PRO

Las principales características que nos brinda el software de emotiv se presentan en la tabla 10.

Tabla 10.
Características de EmotivPRO

- Solución integrada para la investigación y educación en neurociencia.
- Visualización en tiempo real de los flujos de datos de los auriculares EMOTIV.
- Métricas de rendimiento (0.1Hz).
- Capacidad de almacenamiento en la nube para su posterior reproducción o exportación de datos.
- Marcadores cronometrados en el flujo de datos.
- Acceso a múltiples usuarios a la vez

Fuente: (Emotiv, 2019)

4.2.2.2 Configuración de Emotiv PRO

El panel principal de EmotivPRO presenta en su parte superior la conexión con el dispositivo EEG que se encuentre disponible vía bluetooth, el estado del sistema, la intensidad de la señal y el nivel de carga de la batería como lo muestra la Figura 29.

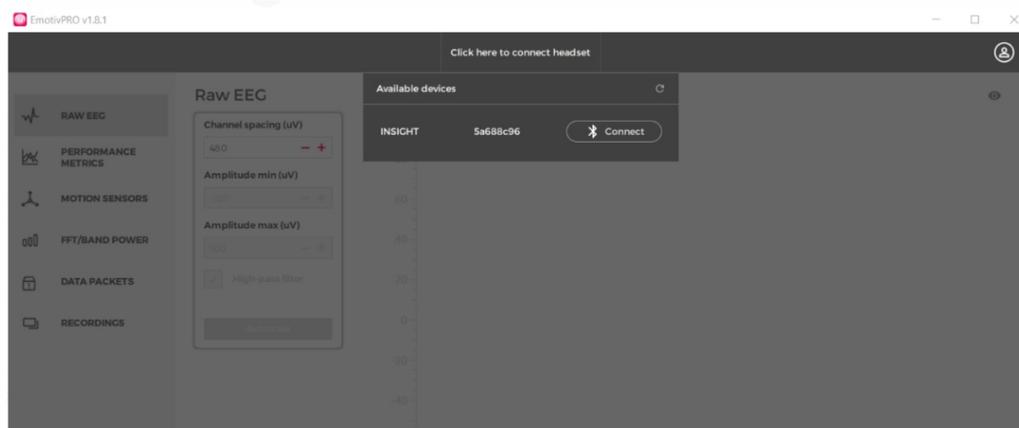


Figura 29. Conexión con EEG

Al establecer la conexión con el EEG se presenta una referencia para verificar la calidad del contacto de los electrodos con el cuero cabelludo (Figura 30) y el registro de los datos de la persona que va a realizar el test (Figura 31).

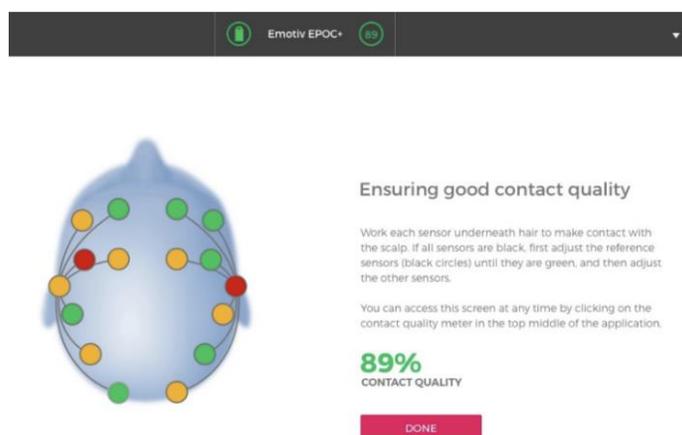


Figura 30. Calidad de conexión

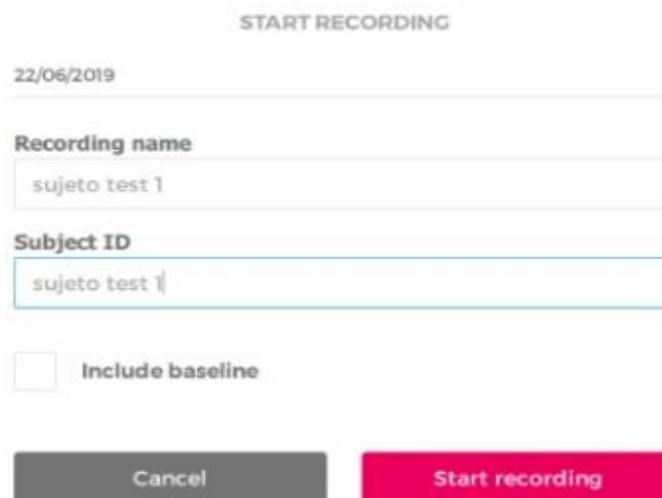


Figura 31. Datos del test

De acuerdo a la colocación debemos manipular los electrodos hasta llegar a tenerlos todos de coloración verde que es lo ideal y para obtener mejores resultados, si la coloración es amarilla, naranja o roja es porque el sensor no está haciendo un buen

contacto con el cuero cabelludo y debemos verificar si se encuentra firme y estable; debemos presionarlo por un momento y verificar si mejora la conductividad. (Figura 32)

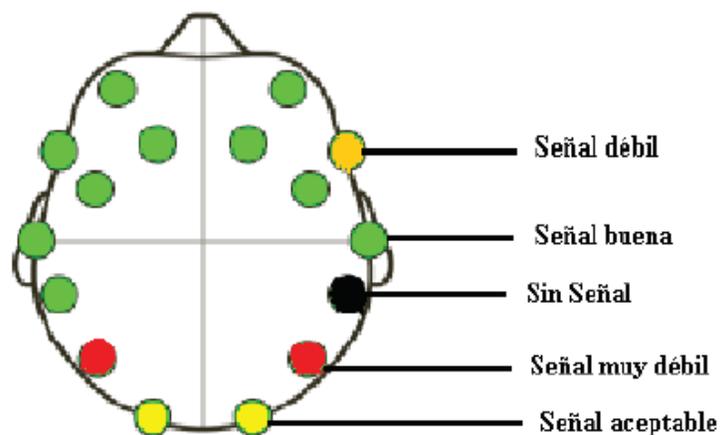


Figura 32. Identificación de los sensores

Una vez realizada la conexión con el dispositivo Emotiv EPOC+, se procede a la obtención de las señales cerebrales para el respectivo análisis; además EmotivPRO genera un documento con todos los valores obtenidos durante la prueba y las grabaciones de las señales en tiempo real (Figura 33) para posteriormente migrar los datos al software desarrollado para la presente investigación.



Figura 33. Señales en tiempo real

4.3 Desarrollo del Software

Luego de realizar una correcta instalación del sensor emotiv EPOC+ y obtener las señales cerebrales con EmotivPRO, procedemos a realizar el respectivo análisis con el software desarrollado. Lo primero fue seleccionar un lenguaje de programación apropiado para la investigación. El lenguaje elegido fue JAVA para BackEnd, mientras que para el FrontEnd se eligió el framework ANGULARJS y como base de datos MySQL para almacenar la información recolectada.

4.3.1 Java

Fue creado por James Gosling de Sun Microsystems en 1991 y publicado en 1995, el cual genera código de tamaño reducido y no depende del dispositivo en el cual se ejecutará, las iniciales corresponden a sus creadores (**J**ames **G**osling **A**rthur **V**an Hoff y **A**ndy **B**echtolsheim, nombre del café que sus diseñadores tomaban, Figura 34), en el año de 2010 fue adquirido por Oracle.



Figura 34. Logo de JAVA

Fuente: (Oracle, 2019)

Es un lenguaje de programación muy útil debido a que provee la opción de multiplataforma, cuenta con una JVM o Java Virtual Machine que brinda portabilidad al lenguaje. Sus características se muestran en la tabla 11.

Tabla 11.
Características de Java

• Simplicidad	• Orientado a objetos
• Seguridad	• Distribuido
• Multiplataforma	• Robusto
• Multi-threading	• Dinámico
• Código pre-escrito	• Facilidad para aplicaciones móviles

Fuente: (Oracle, 2019)

4.3.1.1 Entorno de Aplicación JDK

JDK (Java Development Kit) corresponde al conjunto de herramientas de desarrollo que permite crear programas en Java. El JDK se requiere para el desarrollo de la aplicación, entre las principales herramientas que tiene se puede mencionar:

- Javac: Es el compilador de Java
- Java: Es el intérprete de java
- JavaDoc: Es el generador de Documentación
- AppletViewer: es el visor de applets

4.3.1.2 JRE (Java Runtime Environment)

Son las utilidades que permiten ejecutar un programa en Java. El JRE combina la JVM, las clases y bibliotecas estándar. Aunque el JRE es parte del JDK se puede descargar de forma independiente. Entre los componentes que tiene el JRE se puede mencionar a los siguientes:

- Tecnologías de implementación
- Kits de herramientas de interface de usuario
- Bibliotecas de integración
- JVM (Java Virtual Machine)

4.3.2 Angularjs

Es un framework para la elaboración de páginas web SPA (Single Page Application) es decir, al ingresar a una web, se carga todo en una misma página y Angular cambia la vista al navegar por la página para dar la apariencia de una web normal.



Figura 35. ANGULARJS
Fuente: (Angularjs, 2018)

Dentro de las principales características tenemos que permite crear aplicaciones mediante el uso y empleo de los estándares web más modernos y avanzados. También realiza ajustes y edición de los gestos móviles que se realizan con la aplicación o la web.

Las principales ventajas de este framework:

- Aplicaciones modulares y escalables.
- Sintaxis parecida a Java, con tipado estático, lenguaje Typescript.

- Se integra con herramientas de testing; además, con Ionic para aplicaciones web móviles.
- Velocidad de carga lenta, la primera vez que se abre la web, pero luego la navegación es rápida debido a que la página ya está en memoria.
- Permite la inyección de dependencias y servicios.

4.3.3 MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos (RDBMS) de código abierto. Fue concebido por la compañía sueca MYSQL AB y posteriormente adquirida por Oracle en 2008, por lo cual posee doble licencia, una es de código abierto y la otra cuenta con una versión comercial gestionada por la compañía Oracle.



Figura 36. MySQL
Fuente: (MySQL, 2019)

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional, es decir almacena datos en tablas separadas en lugar de guardar o almacenar todos los datos en un gran almacén. Esto añade velocidad y flexibilidad. La parte SQL de "MySQL" se refiere a "Structured Query Language". SQL es el lenguaje estandarizado más común para acceder a bases de datos y está definido por el estándar ANSI/ISO SQL.

El software de bases de datos MySQL es un sistema cliente/servidor que consiste en un servidor SQL multi-threaded que trabaja con diferentes BackEnd, programas y bibliotecas cliente, herramientas administrativas y un amplio abanico de interfaces de programación para aplicaciones (APIs).

Algunas de las características más importantes de MySQL son:

- Funciona en diferentes plataformas
- Soporte completo para operadores y funciones
- Seguridad
- Conectividad

4.3.4 Diseño y desarrollo del software

Como se explicó anteriormente, el desarrollo se llevó a cabo en el lenguaje de programación Java y Angularjs, con el gestor de base de datos MySQL; el diseño cumple con las recomendaciones de usabilidad como son: diseño simple, velocidad de carga y facilidad de entendimiento.

4.3.4.1 Modelado Funcional

La descripción de las funcionalidades del sistema, se encuentra especificada en los Casos de Uso, indicando las interacciones entre el usuario y el sistema desarrollado.

a. Descripción General

- *Perspectiva del Producto*

- El software analizará las señales cerebrales para medir el nivel de estrés y la resolución de problemas.
- El software contará con una interface amigable al usuario y facilidad de entendimiento.
- Se desarrollará como una aplicación de escritorio.
- Tendrá la capacidad de almacenar la información en una base de datos.
- Es un complemento al software EMOTIVPRO que capta las señales cerebrales.
- *Funciones del Producto*
 - Carga el número de identificación.
 - Visualiza los datos personales.
 - Genera un archivo con las métricas de las señales cerebrales.
 - Genera reportes con los niveles de estrés.
 - Almacena la información en la base de datos.
- *Condiciones de Entorno*
 - El software está destinado al análisis de las señales cerebrales tanto del personal militar como civil, con el objetivo de verificar su nivel de estrés y la capacidad de resolver problemas bajo estos parámetros.
- *Restricciones*
 - *Software*
 - Lenguaje de programación (BackEnd): JAVA
 - Framework (FrontEnd): ANGULARJS

- Base de Datos: MySQL
- *Hardware*
 - Computadora de escritorio o Laptop
- *Requisitos Funcionales*
 - *Especificación de Casos de Uso*

El diagrama de casos de uso está representado en la figura 37.

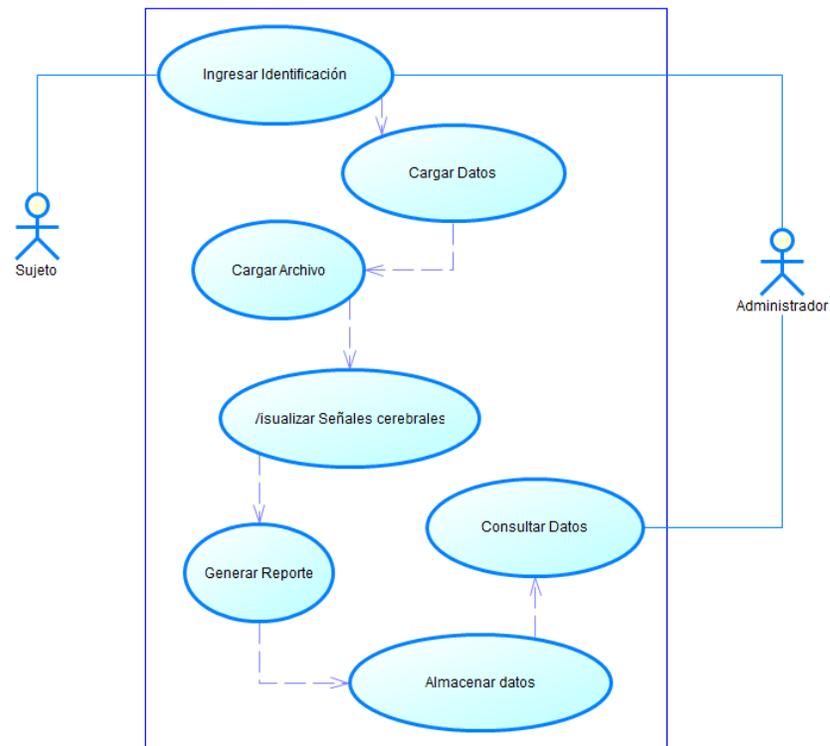


Figura 37. Diagrama de Casos de Uso

A continuación, se describe los casos de uso que tendrá la aplicación.

Tabla 12.
Requisito Funcional 1

Id. Requerimiento	RF-001	
Nombre	Ingresar Identificación	
Actor	Administrador / Sujeto	
Descripción	La aplicación permite ingresar el número de identificación	
Entradas	Ingreso los campos: - Cédula de identidad	
Salidas	Registro del sujeto que realizará la prueba	
Proceso	Actor	Sistema
	1. El administrador ingresará el número de cédula	2. El sistema valida la identificación para cargar los datos.
Gráfico	<p>The diagram shows a system boundary containing three use cases: 'Ingresar Identificación', 'Cargar Datos', and 'Cargar Archivo'. 'Ingresar Identificación' is connected to 'Cargar Datos' by a solid arrow. 'Cargar Datos' is connected to 'Cargar Archivo' by a dashed arrow. Outside the system boundary, there are two actor icons: 'Sujeto' on the left and 'Administrador' on the right. 'Sujeto' is connected to 'Ingresar Identificación' by a solid line. 'Administrador' is connected to 'Cargar Datos' by a solid line.</p>	
Precondiciones	- Ingresar correctamente el dato solicitado.	
Post condiciones	- Cargar los datos en el sistema	
Excepción	En caso de no ingresar los datos correctos, el sistema solicitará los datos correctos.	
Prioridad	Alta.	

Tabla 13.
Requisito Funcional 2

Id. Requerimiento	RF-002	
Nombre	Cargar Datos	
Actor	Administrador	
Descripción	La aplicación ingresará a la base de datos y cargará los datos del sujeto	
Entradas	Formulario con datos del sujeto	
Salidas	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre - Cédula - Edad - Grado - Especialización - Arma 	
Proceso	Actor	Sistema
	1. El administrador valida el número de identificación	2. El sistema carga los datos del sujeto
Gráfico		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Ingresar correctamente el dato solicitado. 	
Post condiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Cargar los datos en el sistema - Extraer los datos de la Base de datos 	
Excepción	En caso de no ingresar los datos correctos, el sistema no cargará ningún dato.	
Prioridad	Media.	

Tabla 14.
Requisito Funcional 3

Id. Requerimiento	RF-003	
Nombre	Cargar Archivo	
Actor	Administrador	
Descripción	La aplicación cargará el archivo con las métricas cerebrales del sujeto.	
Entradas	Datos de las ondas Alfa y Beta	
Salidas	<ul style="list-style-type: none"> - Alfa Inicial - Alfa Final - Beta Inicial - Beta Final - Nivel de Estrés 	
Proceso	Actor	Sistema
		1. El sistema carga el archivo con las métricas de las señales cerebrales
Gráfico		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Ingresar correctamente el archivo solicitado. 	
Post condiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Cargar los datos en el sistema - Extraer el archivo de la Base de datos 	
Excepción	En caso de no ingresar el archivo correcto, el sistema no cargará ningún dato.	
Prioridad	Alta.	

Tabla 15.
Requisito Funcional 4

Id. Requerimiento	RF-004	
Nombre	Visualizar señales cerebrales	
Actor	Administrador	
Descripción	La aplicación permitirá visualizar las señales cerebrales del sujeto.	
Entradas	Formulario con datos del sujeto	
Salidas	<ul style="list-style-type: none"> - Alfa Inicial - Alfa Final - Beta Inicial - Beta Final 	
Proceso	Actor	Sistema
	1. Seleccionar la opción cargar datos.	2. El sistema despliega las gráficas de las señales cerebrales
Gráfico	<p>The diagram shows a central use case labeled 'Visualizar Señales cerebrales'. To its left is an actor labeled 'Sujeto', and to its right is an actor labeled 'Administrador'. A dashed arrow points from the 'Sujeto' actor to the use case. A solid arrow points from the 'Administrador' actor to the use case. Below the use case is another use case labeled 'Consultar Datos', with a solid arrow pointing from 'Visualizar Señales cerebrales' to 'Consultar Datos'. There are also two semi-circular shapes above and below the 'Visualizar Señales cerebrales' use case, connected by dashed arrows, representing data flows.</p>	
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Ingresar correctamente el archivo solicitado. 	
Post condiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Datos almacenados en la base de datos 	
Excepción	En caso de no ingresar el archivo correcto, el sistema no cargará ni almacenará ningún dato.	
Prioridad	Media	

Tabla 16.
Requisito Funcional 5

Id. Requerimiento	RF-005	
Nombre	Generar reportes	
Actor	Administrador	
Descripción	La aplicación permitirá generar reportes de los resultados del sujeto.	
Entradas	Formulario con datos del sujeto	
Salidas	- Registro con los datos del sujeto y sus gráficas	
Proceso	Actor	Sistema
	1. Guarda los datos	2. Genera reportes
Gráfico	<p>El diagrama muestra un flujo de datos entre un actor 'Sujeto' y un actor 'Administrador'. El 'Sujeto' interactúa con un proceso 'Generar Reporte'. Este proceso genera datos que se almacenan en un repositorio (representado por un arco). El 'Administrador' interactúa con un proceso 'Consultar Datos', el cual recupera información del repositorio. Las líneas de flujo indican la dirección de los datos: Sujeto → Generar Reporte → Repositorio → Consultar Datos → Administrador.</p>	
Precondiciones	- Ingresar correctamente los datos del sujeto.	
Post condiciones	- Registro con la información requerida	
Excepción	En caso de no ingresar los datos correctos, el sistema no cargará ni generará ningún reporte.	
Prioridad	Media	

Tabla 17.
Requisito Funcional 6

Id. Requerimiento	RF-006	
Nombre	Almacenar datos	
Actor	Administrador	
Descripción	La aplicación permitirá almacenar los datos	
Entradas	Formulario con datos del sujeto	
Salidas	- Guardar los datos generados	
Proceso	Actor	Sistema
		1. Guarda los datos generados
Gráfico	<p>The diagram shows a system boundary containing three use cases: 'Generar Reporte' (top left), 'Almacenar datos' (center), and an unlabeled use case (top right). A stick figure actor labeled 'Sujeto' is connected to 'Generar Reporte' by a solid line. A dashed arrow points from 'Generar Reporte' to 'Almacenar datos'. A stick figure actor labeled 'Administrador' is connected to the unlabeled use case by a solid line. A dashed arrow points from the unlabeled use case to 'Almacenar datos'. A solid line connects 'Almacenar datos' to the unlabeled use case.</p>	
Precondiciones	- Ingresar correctamente los datos del sujeto.	
Post condiciones	- Registro con la información almacenada en la base de datos	
Excepción	En caso de no ingresar los datos correctos, el sistema no cargará ni almacenará ningún reporte.	
Prioridad	Alta	

Tabla 18.
Requisito Funcional 7

Id. Requerimiento	RF-007	
Nombre	Consultar datos	
Actor	Aplicación	
Descripción	La aplicación permitirá consultar los datos	
Entradas	Tener datos almacenados en el sistema	
Salidas	Reporte con datos almacenados de las pruebas realizadas	
Proceso	Actor	Sistema
		1. Permitirá obtener un reporte y consulta de datos almacenados
Gráfico	<p>El diagrama de flujo de procesos muestra la interacción entre un Sujeto y un Administrador con los siguientes procesos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Visualizar Señales cerebrales: Recibe una entrada del Sujeto y genera un flujo hacia Consultar Datos. Consultar Datos: Recibe una entrada del Administrador y genera un flujo hacia Almacenar datos. Almacenar datos: Recibe una entrada del Sujeto y genera un flujo hacia Generar Reporte. Generar Reporte: Recibe una entrada del Sujeto y genera un flujo hacia Visualizar Señales cerebrales. 	
Precondiciones	- Tener datos almacenados.	
Post condiciones	- Consulta de las pruebas realizadas	
Excepción	En caso de no tener datos almacenados, no se desplegará ningún reporte a consultar.	
Prioridad	Media	

4.3.4.2 Base de Datos

Se desarrollaron los modelos: conceptual, físico y lógicos con las tablas y atributos necesarios para el proyecto, los mismos que se muestran en las Figuras 38, 39, 40, 41, 42, 43.

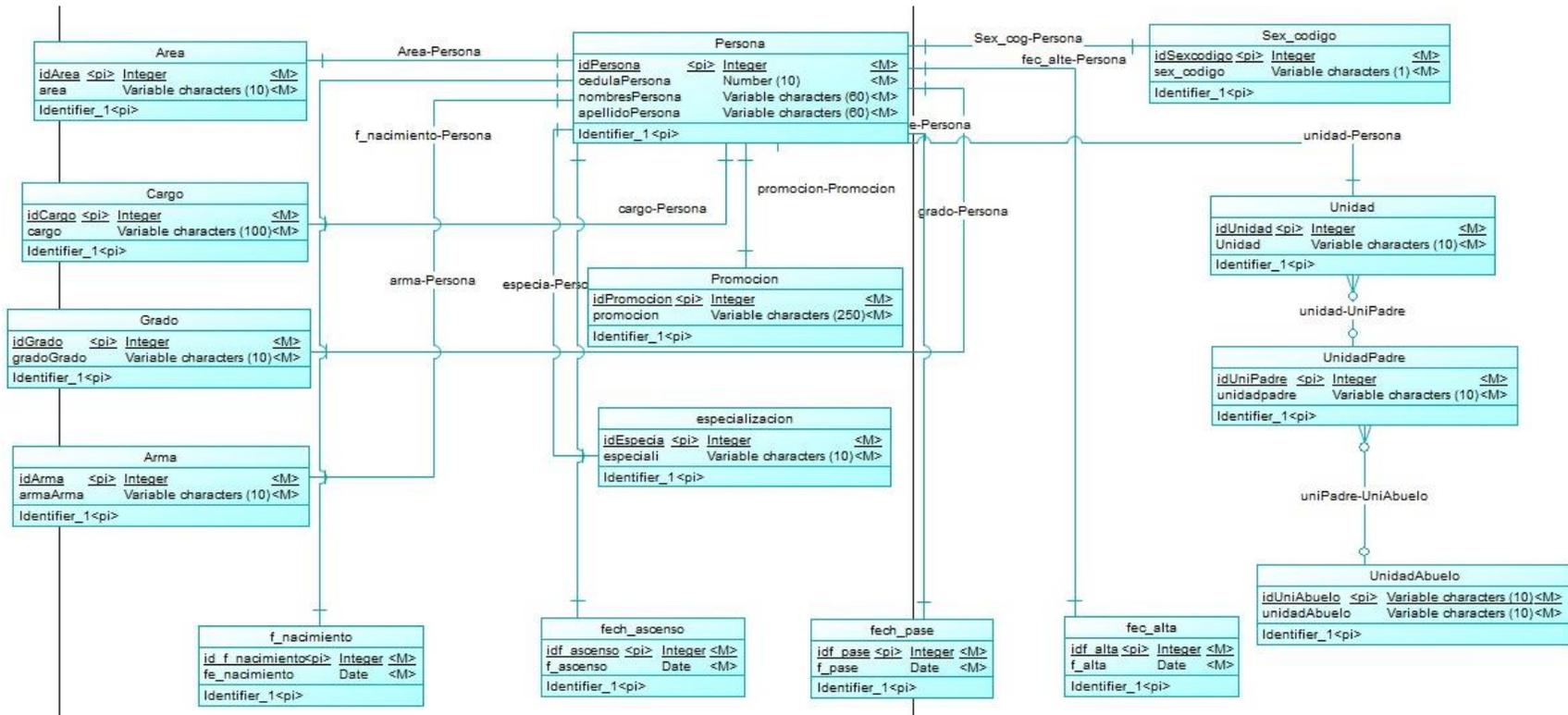


Figura 38. Modelo Conceptual Extracción de datos

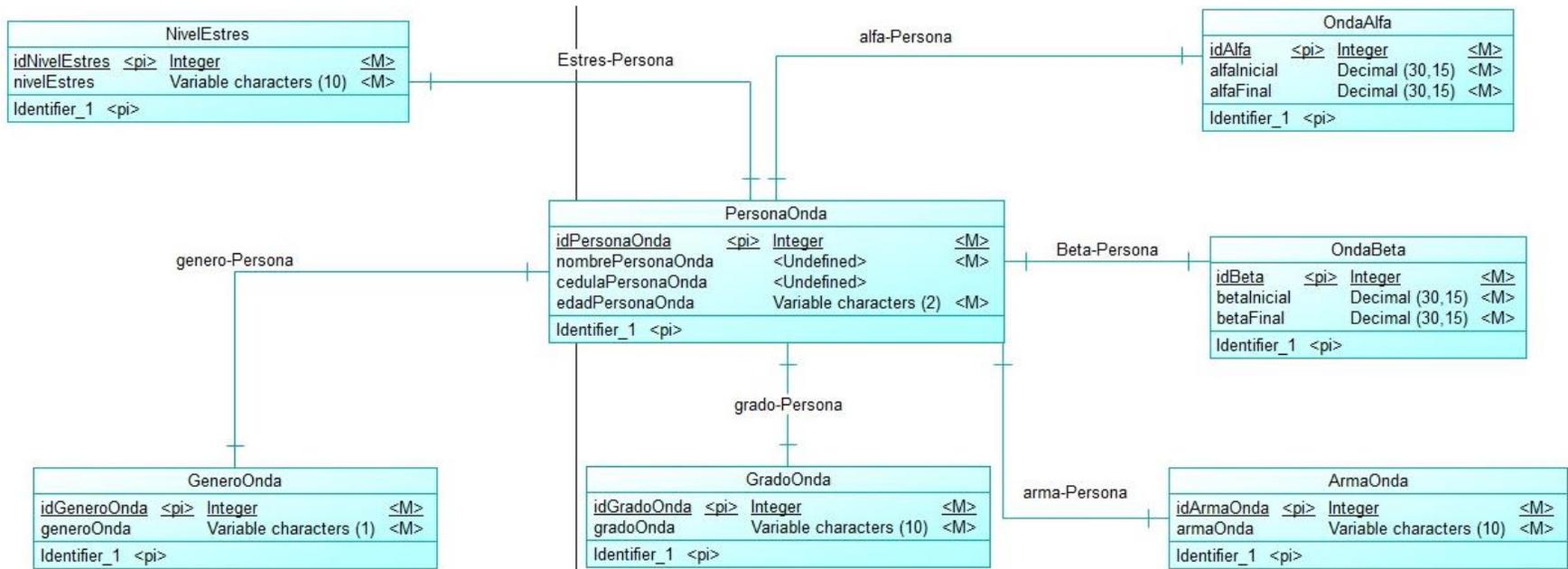


Figura 39. Modelo Conceptual del Sistema

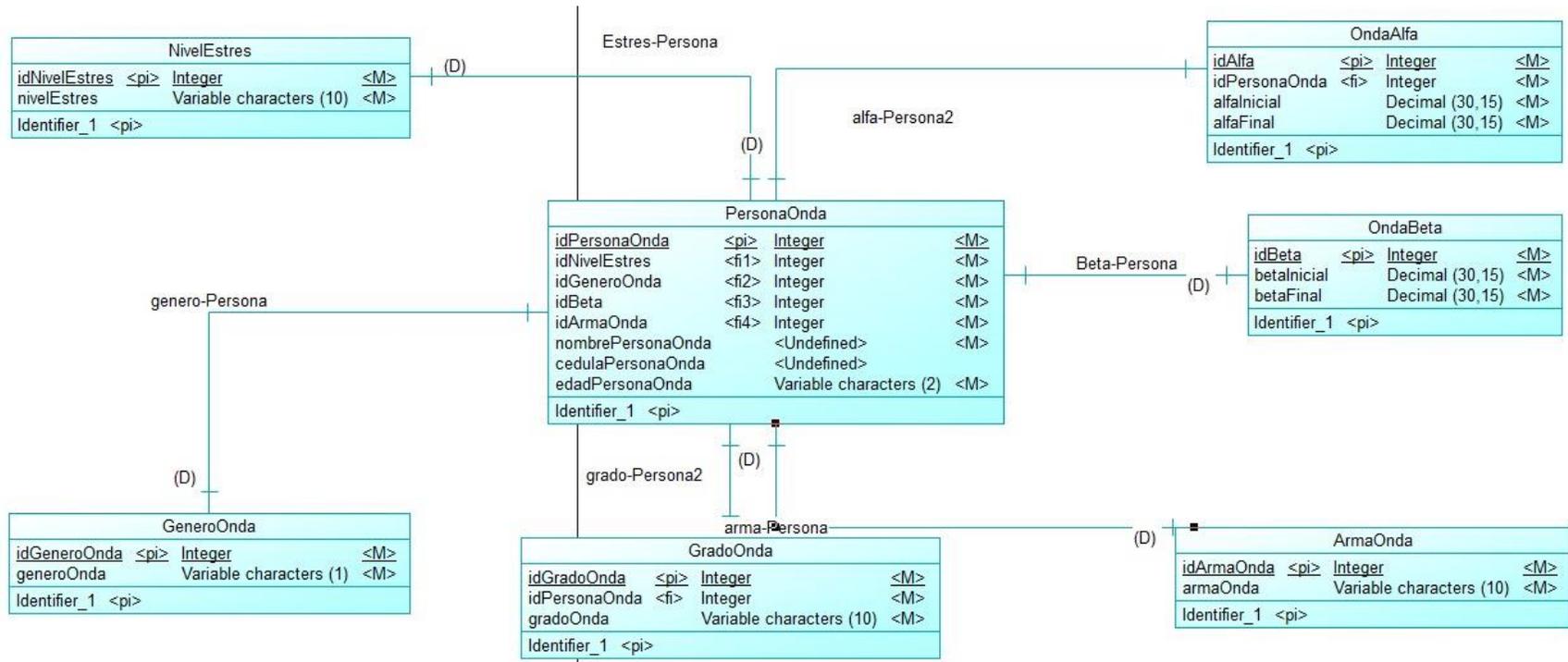


Figura 41. Modelo Lógico del Sistema

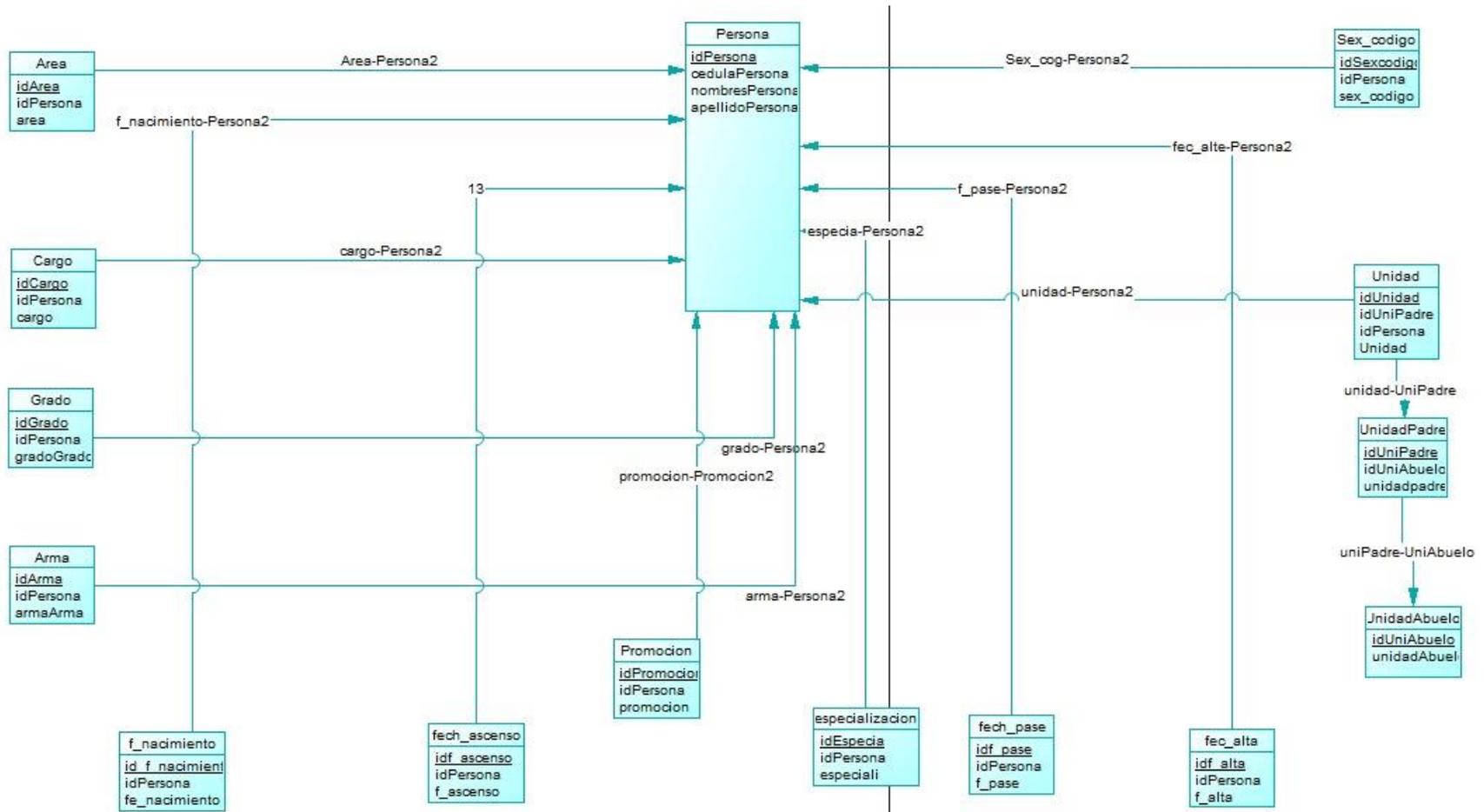


Figura 42. Modelo Físico Extracción de datos

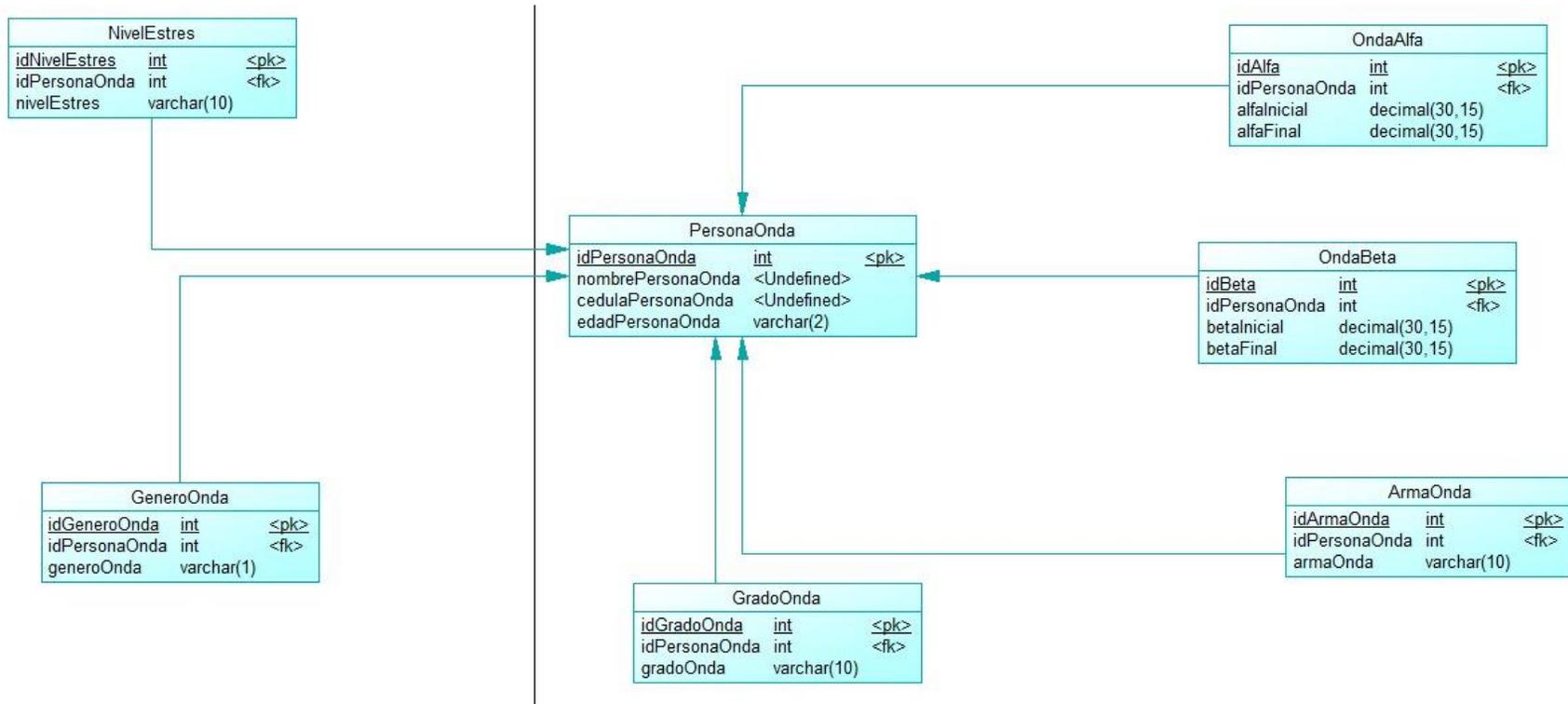


Figura 43. Modelo Físico del Sistema

4.3.4.3 Creación de la Base de Datos

Una vez desarrollados los modelos en Power Designer, se procedió a crear la base de datos en MySQL, con un repositorio local, donde se almacenan los datos del sujeto en prueba con su observación y conclusión.

La Figura 44, presenta la estructura de la base de datos con sus tablas principales, donde se están los datos de la persona y los análisis de las señales cerebrales luego de la prueba.



Figura 44. Estructura de la Base de Datos

4.3.4.4 Desarrollo del código (BackEnd)

La elaboración del BackEnd se lo realizó en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) NetBeans el cual funciona con el Lenguaje de programación JAVA, empleando una arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC). Conectamos la base de datos con Angularjs, para ello se crea una aplicación con Maven y los archivos necesarios que se encuentran divididos por dos clases principales los mismos que están representados en la base de datos.

En la Figura 45 tenemos la clase persona.

```
package com.sinfloo.ejemplo01;

import java.util.List;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.stereotype.Service;

@Service
public class personasimpleseviceimp implements personasimplesevice {
    // Metodos cargados de los servicios aqui daremos funcionalidad a los metodos abstractos

    @Autowired
    private personasimplerepositorio repositorio;

    @Override
    public List<personasimple> listar() {
        return repositorio.findAll();
    }

    @Override
    public personasimple listarcedula(int cedula) {
        return repositorio.findOne(cedula);
    }
}
```

Figura 45. Clase "persona"

Luego se crea una clase con los métodos que manejarán el controlador.

```

@CrossOrigin(origins = "http://localhost:4200",maxAge = 3600)
@RestController
@RequestMapping({"ui/datospersonales"})
public class Controlador {
    //En esta clase pondremos los metodos a usar para controlar nuestra base
    @Autowired
    PersonaService service;

    @GetMapping
    public List<Persona>listar1(){
        return service.listar();
    }
    @PostMapping
    public Persona agregar(@RequestBody Persona p){
        return service.add(p);
    }
    @GetMapping(path = {"/{daperid}"})
    public Persona listarId(@PathVariable("daperid") int id){
        return service.listarId(id);
    }

    @PutMapping(path = {"/{daperid}"})
    public Persona editar(@RequestBody Persona p,@PathVariable("daperid") int id){
        p.setDaperid(id);
        return service.edit(p);
    }
    @DeleteMapping(path = {"/{daperid}"})
    public Persona delete(@PathVariable("daperid") int id){
        return service.delete(id);
    }
}

```

Figura 46. Controlador

A continuación, se crea la interface con los métodos agregar datos de la persona.

```

@Entity
@Table(name = "datos_personalescononda")
public class Persona {
    //Clase de las variables de las tablas de la base de datos con los resultados de las ondas
    @Id
    @Column
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.IDENTITY)
    private int daperid;
    @Column
    private String dapernombre;
    @Column
    private int dapercedula;
    @Column
    private String dapergrado;
    @Column
    private String daperarma;
    @Column
    private String daperespec;
    @Column
    private String dapergenero;
    @Column
    private String daperedad;
    @Column
    private float daperondaalfainicial;
    @Column
    private float daperondaalfafinal;
    @Column
    private float daperondabetainicial;
    @Column
    private float daperondabetafinal;
    @Column
    private String dapernivelestres;
}

```

Figura 47. Agregar datos

En el controlador de persona se coloca los métodos que realizan las peticiones en la vista, incluyendo la dirección y el path para las búsquedas.

```

@CrossOrigin(origins = "http://localhost:4200",maxAge = 3600)
@RestController
@RequestMapping("/datospersonalesimple")
public class personasimplecontrolador {
    //En esta clase pondremos los metodos a usar para controlar nuestra base
    @Autowired
    personasimpleservice service;

    @GetMapping
    public List<personasimple>listar(){
        return service.listar();
    }

    @GetMapping(path =("/{dapercedula}")})
    public personasimple listarcedula(@PathVariable("dapercedula")int cedula){
        return service.listarcedula(cedula);
    }
    /*
    @GetMapping(path =("/{DAPERID}")})
    public personasimple listarid(@PathVariable("DAPERID")int cedula){
        return service.listarid(cedula);
    }*/
    /*
    @RequestMapping(value =("/{DAPERCEDULA}",method = RequestMethod.GET)
    public personasimple listarcedula(@PathVariable("DAPERCEDULA")int cedula){
        return service.listarcedula(cedula);
    }*/
}

```

Figura 48. Controlador persona

El proceso para consultar los datos a través de la cedula se muestra a continuación:

```

public interface personasimpleservice {
    // Metodos a usar en el controlador de Personas
    List<personasimple>listar();
    personasimple listarcedula(int cedula);
    // personasimple listarid(int cedula);
}

```

Figura 49. Método de la Clase

4.3.4.5 Diseño de la interface de usuario (FrontEnd)

El software desarrollado consta de 4 interfaces, en la Figura 50 se presenta la interface de inicio en la cual se encuentra detallado el tema de la Investigación y dos opciones para ingresar al sistema o realizar una consulta.

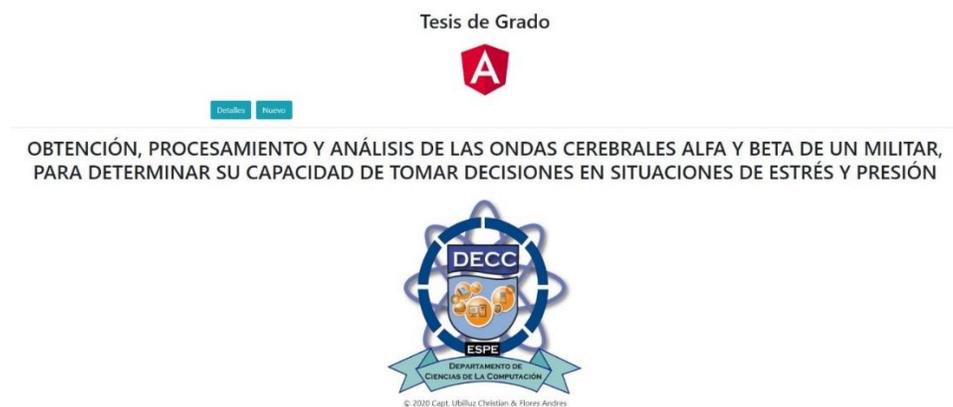


Figura 50. Interface de Presentación

Al realizar el ingreso al software dando clic en el botón nuevo, se presenta la siguiente interface en la cual se debe digitar el número de cédula de la persona que va a realizar la prueba y se cargan los datos solicitados del Escalafón del personal militar del ejército (Figura 51).



Figura 51. Ingreso de Número de Cédula

Si se introduce un dato erróneo el sistema enviará una alerta indicando que los datos esta incorrectos. (Figura 52).

No se encontro cedula

Aceptar

Detalles Nuevo

Ingresar Datos Personales

Cedula

1722743075

Cargar Datos

© 2020 Capt. Ubilluz Christian & Flores Andres

Figura 52. Validación de datos

Una vez ingresado el número de cédula, se cargan inmediatamente los datos solicitados, los cuales son: Nombres Completos, Cédula, Edad, Grado, Especialización, Arma, como lo muestra la figura 53, en la parte derecha de la interface se registran los valores de las ondas Alfa y Beta tanto iniciales como finales y el nivel de estrés de la persona.

Tesis de Grado

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Datos Personales

Datos de Ondas

Nombres Completo:

Cedula: 0

Edad: años

Grado:

Especialización:

Arma:

Onda Alfa:

Dato Inicial: 0 Dato Elevado: 0

Onda Beta:

Dato Inicial: 0 Dato Elevado: 0

Onda Prevaliente

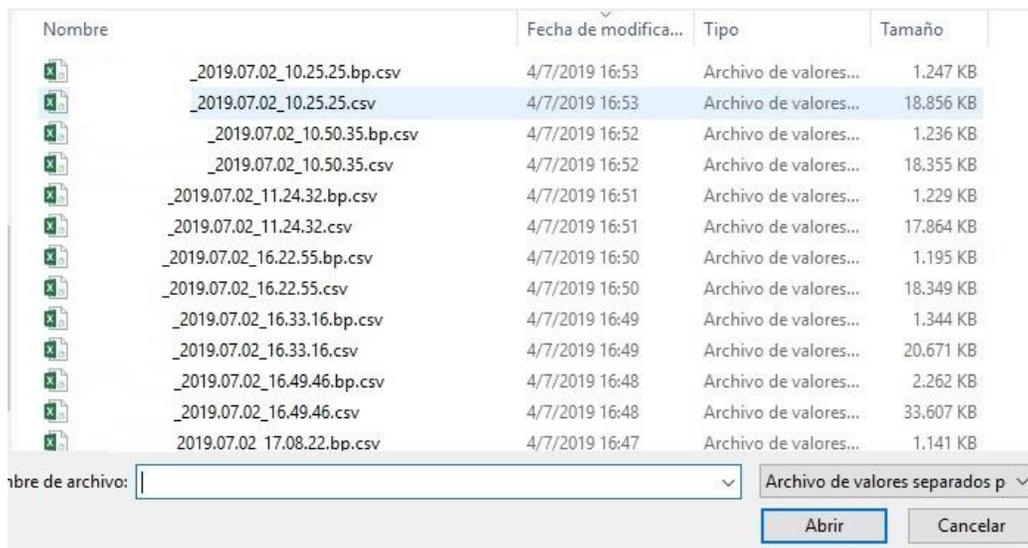
Nivel de estress:

Figura 53. Carga de datos

En la parte inferior de la misma página, se encuentran las gráficas de las señales y los estados (Figura 54), los mismos que se cargan al dar clic en el botón “Seleccionar Archivo”, ese documento es generado por EmotivPRO y poseen una extensión .csv como lo muestra la Figura 55.



Figura 54. Gráficas de Señales y Estados



Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
_2019.07.02_10.25.25.bp.csv	4/7/2019 16:53	Archivo de valores...	1.247 KB
_2019.07.02_10.25.25.csv	4/7/2019 16:53	Archivo de valores...	18.856 KB
_2019.07.02_10.50.35.bp.csv	4/7/2019 16:52	Archivo de valores...	1.236 KB
_2019.07.02_10.50.35.csv	4/7/2019 16:52	Archivo de valores...	18.355 KB
_2019.07.02_11.24.32.bp.csv	4/7/2019 16:51	Archivo de valores...	1.229 KB
_2019.07.02_11.24.32.csv	4/7/2019 16:51	Archivo de valores...	17.864 KB
_2019.07.02_16.22.55.bp.csv	4/7/2019 16:50	Archivo de valores...	1.195 KB
_2019.07.02_16.22.55.csv	4/7/2019 16:50	Archivo de valores...	18.349 KB
_2019.07.02_16.33.16.bp.csv	4/7/2019 16:49	Archivo de valores...	1.344 KB
_2019.07.02_16.33.16.csv	4/7/2019 16:49	Archivo de valores...	20.671 KB
_2019.07.02_16.49.46.bp.csv	4/7/2019 16:48	Archivo de valores...	2.262 KB
_2019.07.02_16.49.46.csv	4/7/2019 16:48	Archivo de valores...	33.607 KB
2019.07.02_17.08.22.bp.csv	4/7/2019 16:47	Archivo de valores...	1.141 KB

Nombre de archivo: Archivo de valores separados p

Figura 55. Archivos .CSV

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 Pruebas

Las pruebas se realizaron al personal de oficiales del ejército ecuatoriano en el grado de tenientes, las cuales consistieron en primer lugar, se colocó el dispositivo EEG en el córtex cerebral del usuario para tomar la lectura de las ondas cerebrales, empleando un relajante auditivo, es decir música ambiental para llevar a la persona a un estado de relajación. Luego se aplicó un test de razonamiento abstracto con 20 preguntas que debían resolverse en 2 minutos.

A continuación, se procedió a estimular a la persona empleando un estresor visual, un video con una duración de 1 minuto 30 segundos y por último se colocó otra prueba de razonamiento abstracto para ser resuelto en 3 minutos. Toda la prueba tomó un promedio de 10 minutos.

Una vez finalizada la prueba, se obtiene un archivo .cvs con las métricas de las ondas cerebrales de la persona y se las exporta al software desarrollado para analizar las señales Alfa y Beta con el fin de determinar el nivel de estrés de la persona.

Las pruebas fueron aplicadas a una muestra de 160 militares en el grado de tenientes. Por motivos de seguridad y confidencialidad no se presentan datos personales que podrían ser utilizados para otros fines.

5.2 Validaciones

Para validar la aplicación se realizó el siguiente esquema navegacional indicando paso a paso la toma de las pruebas 1 y 2.

- En primer lugar, se colocó el dispositivo EEG al sujeto en prueba para obtener sus señales cerebrales con el software EmotivPRO.
- Luego, se aplicó un estímulo auditivo con la prueba de razonamiento abstracto.
- Seguidamente, se sometió al estresor visual para elevar los niveles de estrés y desarrollar otra prueba de razonamiento abstracto.
- Una vez finalizada la prueba, se generó un archivo .CVS con las métricas de las señales Alfa y Beta
- Ingresamos al software desarrollado.
- Introducimos la identificación del oficial que se sometió a la prueba.
- El sistema obtuvo los datos solicitados en la interface de usuario.
- Se solicita cargar el archivo .cvs con las métricas obtenidas anteriormente.
- El sistema procesó el archivo generando las graficas de las señales Alfa y Beta antes y después de los estresores visuales y auditivos.
- Se obtuvo el nivel de estrés del sujeto.

Prueba No. 1



Figura 56. Ejecución de la Prueba No. 1

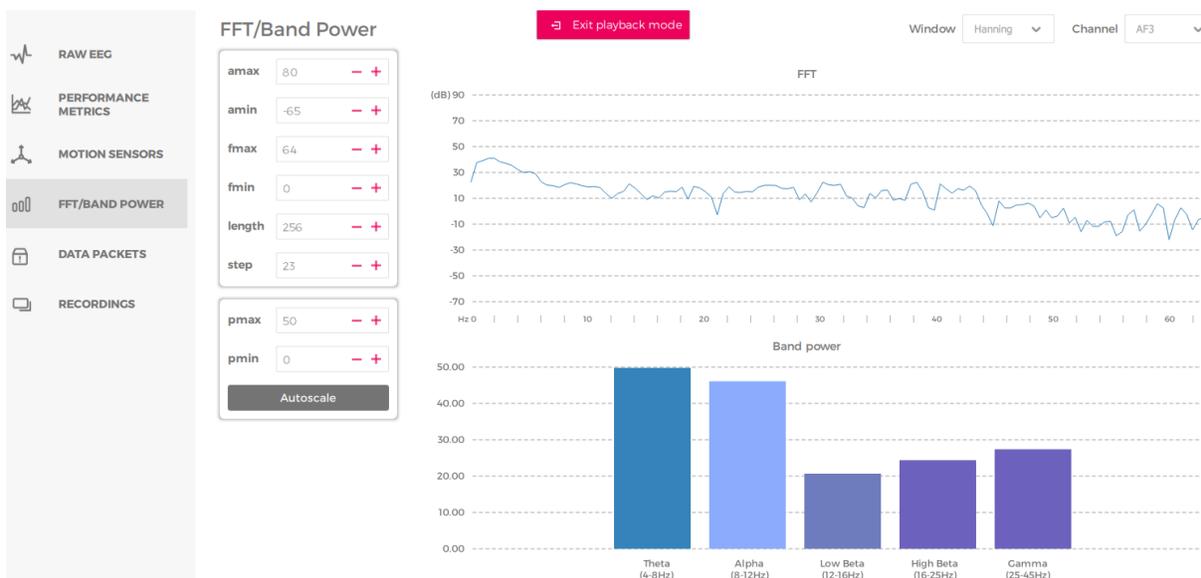


Figura 57. Obtención de las ondas cerebrales

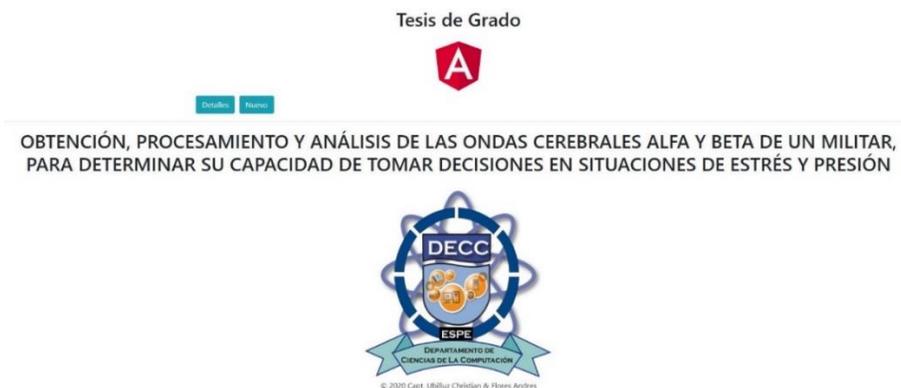


Figura 58. Interface Principal

Ingresar Datos Personales

Cedula

1 5

© 2020 Capt. Ubilluz Christian & Flores Andres

Figura 59. Ingreso de Identificación

Tesis de Grado



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Datos Personales	Datos de Ondas
Nombres Completo: _____	Onda Alfa: _____
Cedula: 1 5	Dato Inicial: 0 Dato Elevado: 0
Edad: 33 años	Onda Beta: _____
Grado: TNTE	Dato Inicial: 0 Dato Elevado: 0
Especialización: _____	Nivel de estres: _____
Arma: I	

Figura 60. Carga de datos en el Sistema

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
_2019.07.02_10.25.25.bp.csv	4/7/2019 16:53	Archivo de valores...	1.247 KB
_2019.07.02_10.25.25.csv	4/7/2019 16:53	Archivo de valores...	18.856 KB
_2019.07.02_10.50.35.bp.csv	4/7/2019 16:52	Archivo de valores...	1.236 KB
_2019.07.02_10.50.35.csv	4/7/2019 16:52	Archivo de valores...	18.355 KB
_2019.07.02_11.24.32.bp.csv	4/7/2019 16:51	Archivo de valores...	1.229 KB
_2019.07.02_11.24.32.csv	4/7/2019 16:51	Archivo de valores...	17.864 KB
_2019.07.02_16.22.55.bp.csv	4/7/2019 16:50	Archivo de valores...	1.195 KB
_2019.07.02_16.22.55.csv	4/7/2019 16:50	Archivo de valores...	18.349 KB
_2019.07.02_16.33.16.bp.csv	4/7/2019 16:49	Archivo de valores...	1.344 KB
_2019.07.02_16.33.16.csv	4/7/2019 16:49	Archivo de valores...	20.671 KB
_2019.07.02_16.49.46.bp.csv	4/7/2019 16:48	Archivo de valores...	2.262 KB
_2019.07.02_16.49.46.csv	4/7/2019 16:48	Archivo de valores...	33.607 KB
_2019.07.02_17.08.22.bp.csv	4/7/2019 16:47	Archivo de valores...	1.141 KB

Nombre de archivo: Archivo de valores separados p

Figura 61. Archivo .csv

Grafica de Señales y Estados

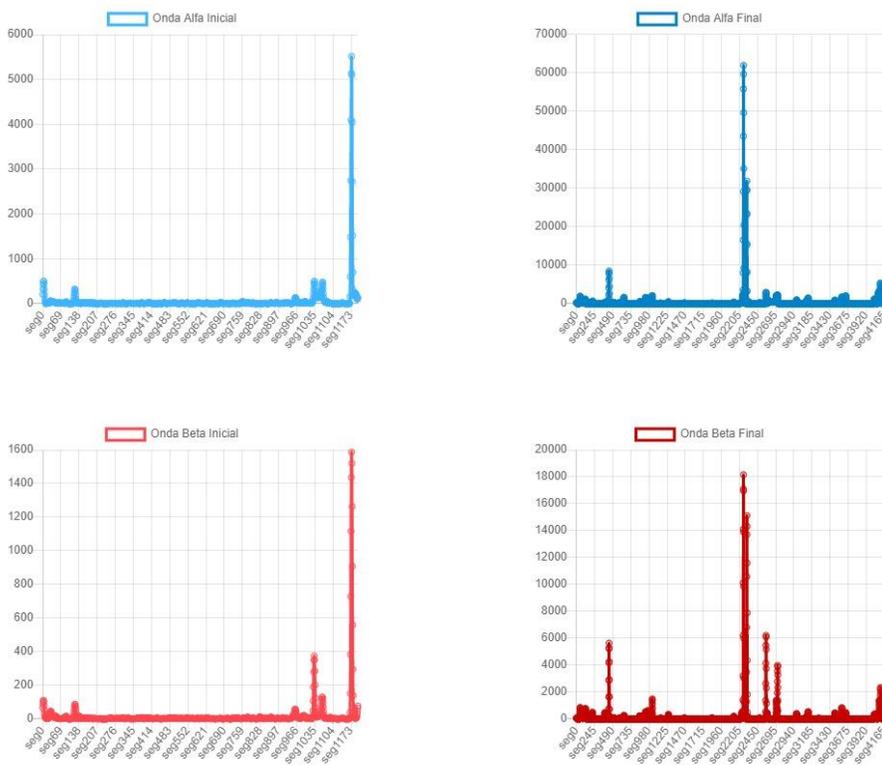


Figura 62. Señales Alfa y Beta

Tesis de Grado



Datos Personales	Datos de Ondas
Nombres Completo: _____	Onda Alfa: _____
Cedula: 1 5 _____	Dato Inicial: 5515.045739 Dato Elevado: 61988.169291
Edad: 33 años _____	Onda Beta: _____
Grado: TNTE _____	Dato Inicial: 1587.03732 Dato Elevado: 18154.335974
Especialización: _____	Nivel de estres: alto
Arma: I _____	

Figura 63. Resultado del análisis de las señales cerebrales

Prueba No. 2



Figura 64. Ejecución de la Prueba No. 2

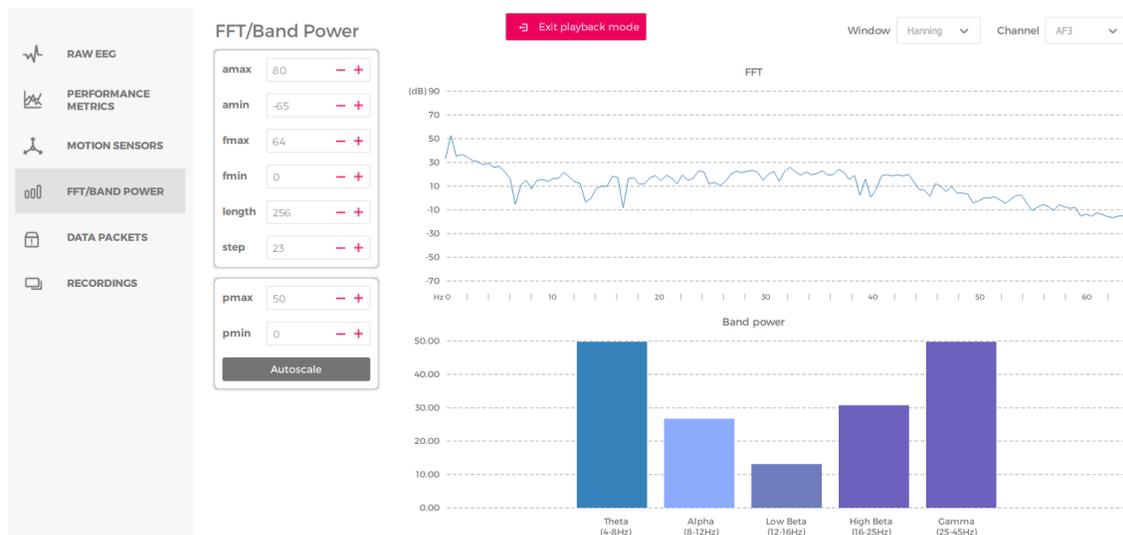


Figura 65. Obtención de las ondas cerebrales

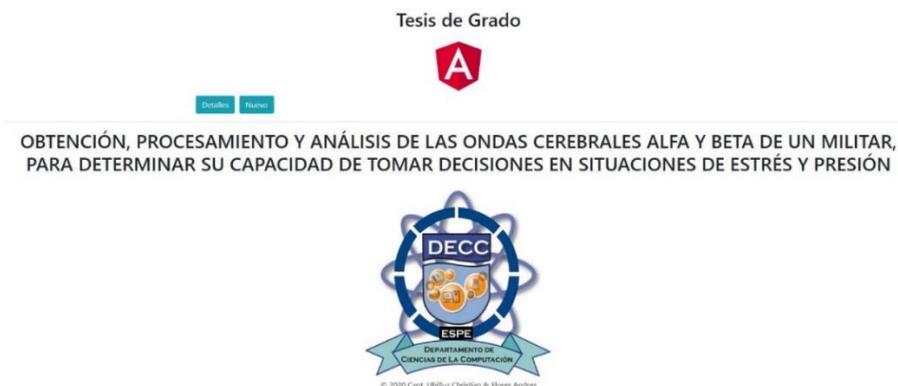


Figura 66. Interface principal

Ingresar Datos Personales

Cedula

1 4

Cargar Datos

© 2020 Capt. Ubilluz Christian & Flores Andres

Figura 67. Ingreso de Identificación

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
_2019.07.02_10.25.25.bp.csv	4/7/2019 16:53	Archivo de valores...	1.247 KB
_2019.07.02_10.25.25.csv	4/7/2019 16:53	Archivo de valores...	18.856 KB
_2019.07.02_10.50.35.bp.csv	4/7/2019 16:52	Archivo de valores...	1.236 KB
_2019.07.02_10.50.35.csv	4/7/2019 16:52	Archivo de valores...	18.355 KB
_2019.07.02_11.24.32.bp.csv	4/7/2019 16:51	Archivo de valores...	1.229 KB
_2019.07.02_11.24.32.csv	4/7/2019 16:51	Archivo de valores...	17.864 KB
_2019.07.02_16.22.55.bp.csv	4/7/2019 16:50	Archivo de valores...	1.195 KB
_2019.07.02_16.22.55.csv	4/7/2019 16:50	Archivo de valores...	18.349 KB
_2019.07.02_16.33.16.bp.csv	4/7/2019 16:49	Archivo de valores...	1.344 KB
_2019.07.02_16.33.16.csv	4/7/2019 16:49	Archivo de valores...	20.671 KB
_2019.07.02_16.49.46.bp.csv	4/7/2019 16:48	Archivo de valores...	2.262 KB
_2019.07.02_16.49.46.csv	4/7/2019 16:48	Archivo de valores...	33.607 KB
2019.07.02_17.08.22.bp.csv	4/7/2019 16:47	Archivo de valores...	1.141 KB

Nombre de archivo: Archivo de valores separados p

Figura 68. Archivos

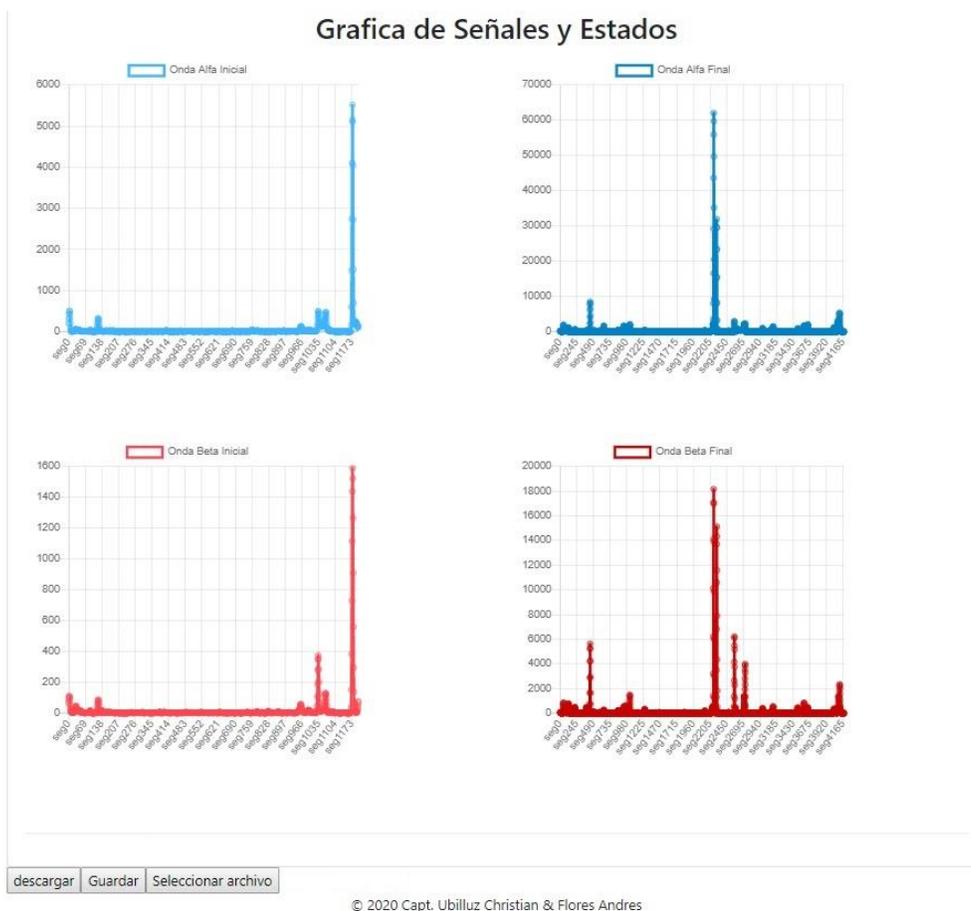


Figura 69. Señales Alfa y Beta

Tesis de Grado





Datos Personales	Datos de Ondas
Nombres Completo:	Onda Alfa:
Cedula: 1 4	Dato Inicial: 5515.045739 Dato Elevado: 61988.169291
Edad: 28 años	Onda Beta:
Grado: TNTE	Dato Inicial: 1587.03732 Dato Elevado: 18154.335974
Especialización:	Nivel de estres: alto
Arma: I	

Figura 70. Resultado del análisis de las Señales cerebrales

5.3 Resultados

Los rangos para medir el nivel de estrés están establecidos por emotiv en base a estudios científicos extensos desarrollados con algoritmos de aprendizaje automático y precisos para clasificar y calificar la intensidad de diferentes condiciones, las métricas de rendimiento de emotiv miden seis estados cognitivos diferentes en tiempo real como son: emoción, interés, estrés, compromiso, atención y meditación.

Estos estados se desarrollaron en base a estudios experimentales rigurosos con voluntarios para cada estado, donde los sujetos se sometieron a experiencias para obtener diferentes niveles del estado deseado. Se conectaron con muchas medidas biométricas adicionales (frecuencia cardíaca, respiración, presión arterial, flujo de volumen sanguíneo, impedancia de la piel y seguimiento ocular), observadas y registradas por un psicólogo capacitado y también informadas por sí mismas. Las métricas de rendimiento de EMOTIV se han validado en muchos estudios independientes

revisados por pares (Emotiv-technology, 2019), y se encuentran especificados en la tabla 19.

Tabla 19.
Rangos de estrés

Métricas – Estrés	Nivel de Estrés
0 – 30	Bajo
31 – 60	Medio
61 – 100	Alto

Fuente: (Emotiv, 2019)

Los valores de las señales cerebrales Alfa y Beta sin estimulación se encuentran analizadas estadísticamente con las medidas de tendencia central como lo muestra la tabla 20.

Tabla 20.
Cuadro estadístico sin Estimulación

	Alfa Inicial	Beta Inicial
Media	32.14	21.01
Mediana	33.98	18.62
Moda	7.41	17.31
Desv. Estándar	16.82	12.40

La Figura 71 representa los máximos de las señales adquiridas antes de realizar la estimulación, en la cual se puede observar que las ondas Alfa son las que predominan con una media de 32.14, mientras que las ondas Beta tienen 21.01, por lo cual concluimos que las ondas Alfa se encontraban presente en las personas al iniciar la prueba, por estar en relajación.

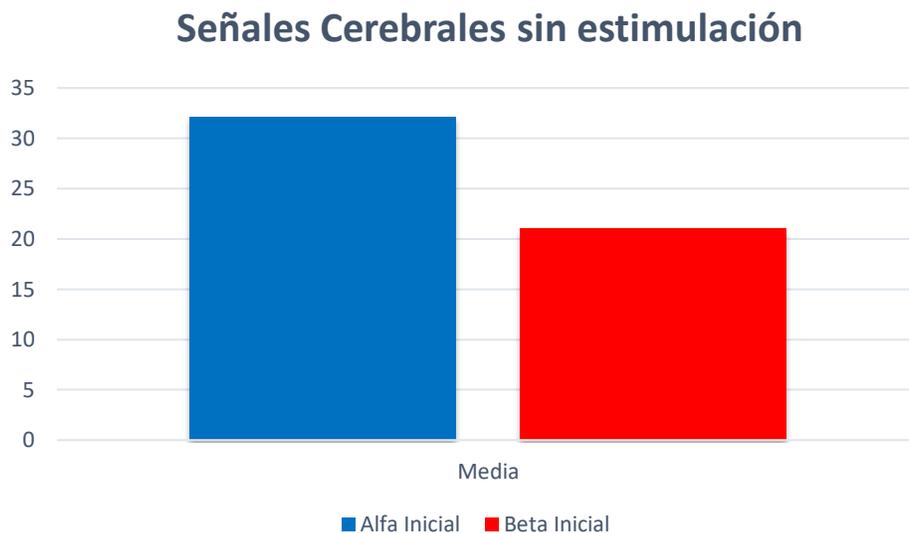


Figura 71. Medias aritméticas de las señales Alfa y Beta

La tabla 21 muestra los resultados totales obtenidos en el experimento con estimulación y que permitieron establecer una correlación entre las señales cerebrales.

Tabla 21.

Cuadro estadístico con Estimulación

	Alfa Final	Beta Final
Media	19.59	42.88
Mediana	18.8	42.26
Moda	29.57	29.3
Desv. Estándar	11.63	22.26

La Figura 72 representa los máximos de las señales adquiridas después de realizar la estimulación a cada persona. Se puede observar que las ondas Beta son las que predominan con una media de 42.88, mientras que las ondas Alfa tienen 19.59

Señales Cerebrales con estimulación

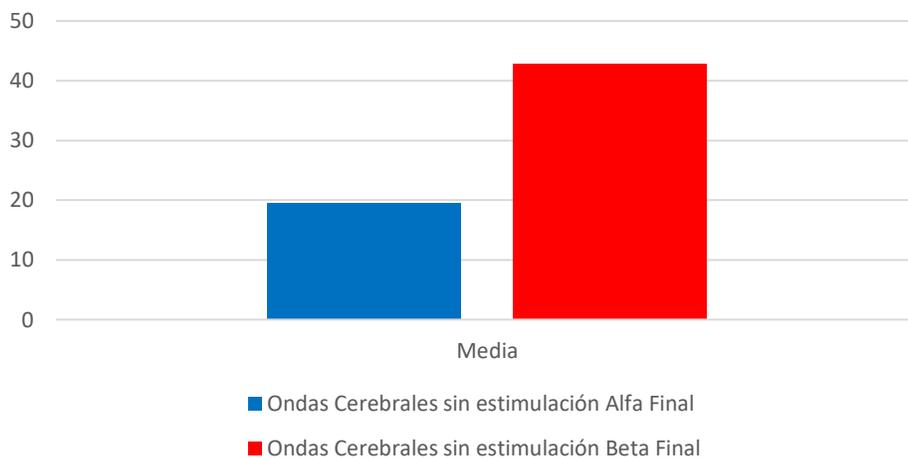


Figura 72. Señales Alfa y Beta estimuladas

En relación al test realizado, se apreció que la resolución de ejercicios cuando el personal se encuentra en un estado de relajación es más productiva pues, resolvieron mayor cantidad de preguntas, mientras que cuando estuvieron en un estado de estrés el número de respuestas disminuyó como se puede apreciar en la tabla 22.

Tabla 22.

Resultados de la evaluación del test

	Sin estrés	Con estrés
Media	22.18	13.51
Mediana	21	14
Moda	17	11
Desv. Estándar	4.73	3.71

En la figura 73, se establece la correlación entre la resolución de pruebas cuando una persona esta estresada y cuando no lo está, los resultados indican que en una persona estresada disminuye su capacidad de resolución de problemas.

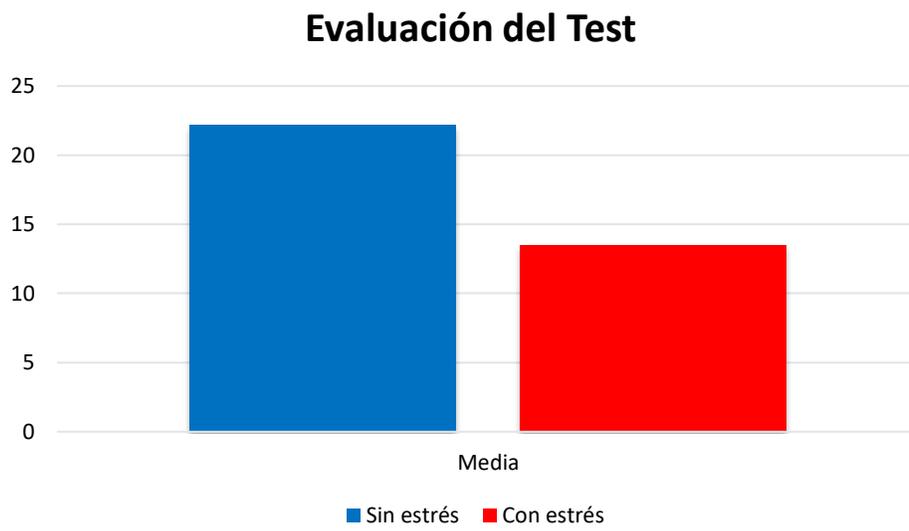


Figura 73. Resultado de pruebas

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se realizó la selección de artículos científicos, libros y revistas indexadas relacionadas con la Neurociencia, lo que permitió establecer el estado del arte de manera clara y concisa.

La adquisición de las señales cerebrales se facilitó gracias al EEG Emotiv Epoc+ y el software EmotivPRO, sin embargo, el análisis de las señales cerebrales se desarrolló en otro software con su respectiva base de datos para determinar el nivel de estrés en base a la onda Beta.

La interface de usuario se implementó utilizando JAVA y ANGULARJS, la base de datos fue MySQL.

Se obtuvo las señales cerebrales a los sujetos en prueba aplicando estresores auditivos y visuales, para lo cual fue necesario establecer una conexión eficiente entre los electrodos y el córtex cerebral.

Con los resultados obtenidos luego de realizar las pruebas al personal, se concluye que los valores de la señal Beta después de aplicar el estresor visual se elevaron y no permitieron resolver más preguntas del test de razonamiento abstracto, en relación a la resolución de dicho test antes de aplicar el estresor.

Se validó el sistema desarrollado mediante la aplicación de pruebas y resultados estadísticos.

6.1 Recomendaciones

Continuar este proyecto con el desarrollo e implementación utilizando software libre, a fin de comparar los resultados obtenidos.

Aplicar el proyecto desarrollado a una población mayor de oficiales y tropa a fin de plantear conclusiones más generales sobre el estrés y toma de decisiones.

Continuar con este tipo de investigaciones aplicándolas a otros ámbitos de estudio como: área administrativa, área educativa y laboral, para validar su uso.

Fomentar el desarrollo de artículos científicos en los niveles medios de la carrera como base fundamental para el desarrollo de investigaciones y establecerla como modalidad de graduación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Suárez, R., Pinzón, A., & Rojas, Y. (2017). Identificación de estilos de liderazgo con datos aportados por EEG. *Neumann Business Review*, 113-128.
- Alvarez, C., & Sierra, V. (1998). *Metodología de la investigación científica*. Obtenido de La investigación científica en la sociedad del conocimiento: [ecaths1.s3.amazonaws.com/tesis/48107023.UI_LIBRO BASE.pdf](http://ecaths1.s3.amazonaws.com/tesis/48107023.UI_LIBRO%20BASE.pdf)
- Angularjs. (2018). Obtenido de <https://angularjs.org/>
- Beltramone, D. (2010). *Electroencefalografía*. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba.
- Bermúdez, A. (2013). *Repositorio Institucional de la UNLP*. Obtenido de Técnica de procesamiento de EEG para detección de eventos: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/32602/Documento_completo_.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the brain*. New York: Oxford University Press, Inc. Obtenido de https://neurophysics.ucsd.edu/courses/physics_171/Buzsaki%20G.%20Rhythms%20of%20the%20brain.pdf
- Caldwell, R., & Lindberg, D. (2013). *Understanding science how science really works*. Obtenido de https://undsci.berkeley.edu/article/0_0_0/whatis-science_02
- Changoluisa, D., & Escalante, F. (Enero de 2012). *Repositorio Digital EPN*. Obtenido de Diseño e implementación de un sistema de adquisición de ondas cerebrales (EEG) de seis canales y análisis en tiempo, frecuencia y coherencia: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4454>
- Chávez, V., Torres, D., Herrera, J., & Hernández, A. (2016). Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas utilizando el dispositivo Emotiv EPOC+. *Revista de Tecnología e Innovación*, 107-118.
- Emotiv. (2019). *Emotiv*. Obtenido de <https://www.emotiv.com/>
- Emotiv-technology. (2019). *The science behind our technology*. Obtenido de <https://www.emotiv.com/our-technology/>
- Fernández, S., & Rodríguez, M. (2019). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Obtenido de Estudio de caso para la adopción del paradigma de investigación reproducible en ingeniería de software: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15801/1/T-ESPE-040736.pdf>
- Guerrero, J. (2011). *Ingeniería Biomédica*. España: Universidad de Valencia.

- Gutiérrez, J., Cantillo, J., Cariño, R., & Elías, D. (2013). Los sistemas de interfaz cerebro-computadora: una herramienta para apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad motora. *Investigación en Discapacidad*, 62 - 69.
- Hernández, Á. (2014). *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de Desarrollo e implementación de una interfaz de comunicación que permita la interacción entre un usuario y las señales emitidas por sus ondas cerebrales usando un dispositivo de EEG de neurosky para controlar periféricos electrónicos.: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1636/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-19.pdf>
- Hughes, J. (2008). *Epilepsy & Behavior*. Obtenido de Gamma, fast, and ultrafast waves of the brain: Their relationships with epilepsy and behavior: [https://www.epilepsybehavior.com/article/S1525-5050\(08\)00012-7/fulltext](https://www.epilepsybehavior.com/article/S1525-5050(08)00012-7/fulltext)
- Integral, V. (2018). Obtenido de <https://www.visionintegral.org/content/23-que-es-el-neurofeedback>
- Kamelman, M. (2017). Neurociencias y toma de decisiones. *Vision conjunta*, 65-68.
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Reino Unido: Universidad de Keele.
- Kothari, C. (2004). *Research methodology, methods & techniques*. India: New Age International (P) Limited, Publishers.
- López, I. M. (2013). *Universidad Politécnica de Catalunya, UPCommons*. Obtenido de Detección de crisis epilépticas a partir de señales EEG mediante índices basados en el algoritmo de Lempel-Ziv: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19558/Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, M. (2009). *Universidad de Granada. Digibug*. Obtenido de Interfaz bci de altas prestaciones basada en la detección y procesamiento de la actividad cerebral (bci-depracap): <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/2186/17894001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, M., & Trout, G. (2006). Conceptos básicos de electroencefalografía. *Duazuary*, Vol. 3, 18 - 23.
- Merchán, D. (2011). *Wikimedia commons*. Obtenido de Arquitectura BCI: http://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz_Cerebro_Computadora
- muse. (2018). *muse*. Obtenido de <https://choosemuse.com/es/>
- MySQL. (2019). Obtenido de <https://www.mysql.com/>

- Nácher, V., Ledberg, A., Deco, G., & Romo, R. (2013). *PNAS*. Obtenido de Coherent delta-band oscillations between cortical areas correlate with decision making: <https://www.pnas.org/content/pnas/110/37/15085.full.pdf>
- NeuroSky. (2019). *NeuroSky. Body and mind. Quantified*. Obtenido de <http://neurosky.com/>
- Nureibis, C., & Muñoz, H. (2014). *Universidad Autonoma de Madrid*. Obtenido de Estudio de Técnicas de análisis y clasificación de señales EEG en el contexto de Sistemas BCI (Brain Computer Interface): https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/660477/henriquez_munnoz_claudia_nureibis_tfm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- OpenBCI. (2019). *OpenBCI*. Obtenido de <https://openbci.com/>
- Oracle. (2019). Obtenido de <https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>
- Orlandini, A. (2012). *El Estrés: Que es y como evitarlo*. USA: Fondo de Cultura Económica.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. *EASE'08 Proceedings of the 12th international conference on evaluation and assessment in software engineering*, 68-77.
- Pinillos, E. (2003). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de Propuesta para el diseño de un sistema de electroencefalografía computarizada y autodiagnóstico basado en reconocimiento de patrones: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0200_CS.pdf
- Ponce, J. (2014). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; Implementación de una Interface Cerebro – Computador para la detección de posición con la ayuda de las señales EEG*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8059/1/AC-ET-ESPE-047748.pdf>
- Press, S. (2019). *¿Como combatir?* Obtenido de *¿Qué son los estresores?*: <https://estres.comocombatir.com/que-son-los-estresores.html>
- Putz, R. (2008). *Atlas de anatomía humana*. Madrid: Panamericana.
- Rincon, C. (2011). *Estrés laboral, sensibilidad emocional y salud personal*. Madrid - España: Parainfo.
- Robles, F. (2018). *Lifeder.com*. Obtenido de Los 15 tipos de investigación científica y sus características: <https://www.lifeder.com/tipos-investigacion-cientifica/>
- Ropper, A. (2010). *Principios de neurología*. Boston: McGraw Hill.

- Rúas, J., Punín, M., Gómez, H., Cuesta, P., & Ratté, S. (2015). Neurociencias aplicadas al análisis de la percepción; corazón y emoción ante el Himno de Ecuador. *Revista latina de comunicación social*, 401-422.
- Saa, J., Escorcía, J., & Manco, J. (2008). Diseño y construcción de un electroencefalograma de 32 canales. *Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2008)*, 1-6.
- Sáenz, D., & Tinoco, Z. (1999). Introducción a la investigación científica. *Fármacos 1999*, 60-77.
- Sandoval, F., Cabestany, J., & Prieto, A. (2011). Neurocomputing. *Bio-inspired systems: Computational and ambient intelligence*, 2591 - 2593.
- Sanei, S., & Chambers, J. (2013). *EEG signal processing*. Canadá: Jhon Wiley & sons.
- Steadman, A. (2011). Neurociencia para los líderes de combate: Un planteamiento basado en cómo funciona el cerebro del líder en el campo de batalla moderno. *Military Review*, 24-37.
- Swathi, K., & Rajapakse, J. (2008). Extracting EEG rhythms using ICA-R. *2008 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2008)*, 2133 - 2138.
- Tejeiro, J. (2008). *Electroencefalografía clínica básica*. Madrid: Viguera.
- Torres, F., Sanchez, C., & Palacios, K. (2014). Adquisición y análisis de señales cerebrales utilizando el dispositivo MindWave. *MASKANA, I+D+ingeniería*, 1-11.
- Ubilluz, C., Delgado, R., Marcillo, D., & Noboa, T. (2018). Brain waves processing, analysis and acquisition to diagnose stress level in the work environment. *Trends and Advances in Information Systems and Technologies*, 859-866.
- Ubilluz, C., Delgado, R., Rodríguez, P., & López, R. (2019). The control of a vehicular automata through brain waves. A case study. *New Knowledge in Information Systems and Technologies*, 748 - 754.
- Universo, E. (22 de Mayo de 2018). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/vida/2018/05/22/nota/6772520/como-afecta-estres-tu-salud-digestiva>
- Urgilés, D., & Vásquez, G. (2017). *Universidad del Azuay. Repositorio Institucional*. Obtenido de Implementación de un sistema BCI para el análisis del comportamiento de bioseñales neurológicas: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7306/1/13249.pdf>
- Vaca, E. (2017). *Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de Prototipo de prótesis de un brazo con GDL controlada mediante ondas cerebrales:

http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24670/1/Tesis_t1208ec.pdf

Vargas, A., & Valderrama, C. (2017). Efecto de la presión psicológica en la amplitud de ondas Beta. *Revista de Investigadores Escolares Brotes Científicos I*, 45-49.

Vaughan, T., Wolpaw, J., & Donchin, E. (1996). EEG-based communication: prospects and problems. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 425 - 430.

Velazquez, L. (2016). *Metodología de la investigación*. Obtenido de Universidad de Guayaquil:
<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4720/4/Anexo%205.pdf>

Villamor, F. (2014). *Notas de software*. Obtenido de Información sobre desarrollo de software en español: <http://notasdesoftware.com/2014/06/trabajando-con-mindwave-mobile.html>

Zhañay, J. (2017). *Universidad Central del Ecuador. Repositorio Digital*. Obtenido de Estrés laboral y clima organizacional en el personal de enfermería de un hospital público: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15113/1/T-UCE-0007-ISIP0024-2018.pdf>