



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 LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**TEMA: PROTOTIPO DE UNA APLICACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE
ESTRÉS APLICANDO MUSICOTERAPIA A ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA UNIVERISDAD
DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**

AUTOR: LLERENA FUENMAYOR, BOLÍVAR DAVID

DIRECTOR: ING.DELGADO RODRÍGUEZ, RAMIRO NANAC, PhD

SANGOLQUÍ

2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *“PROTOTIPO DE UNA APLICACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE ESTRÉS APLICANDO MUSICOTERAPIA A ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA UNIVERISDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”* realizado por el señor *Bolívar David Llerena Fuenmayor*, 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, 21 de enero de 2020

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

Yo, *Bolívar David Llerena Fuenmayor*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“PROTOTIPO DE UNA APLICACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE ESTRÉS APLICANDO MUSICOTERAPIA A ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”*** es de mi 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, 21 de enero de 2020

Bolívar David Llerena Fuenmayor

C.C: 1718687369



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

AUTORIZACIÓN

Yo, *Bolívar David Llerena Fuenmayor*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“PROTOTIPO DE UNA APLICACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE ESTRÉS APLICANDO MUSICOTERAPIA A ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”*** es de mi 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, 21 de enero de 2020

Bolívar David Llerena Fuenmayor

C.C: 1718687369

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a mi familia y a mis seres queridos, quienes alumbran y me motivan a seguir adelante.

A mis amados padres, por ser un ejemplo a seguir, cuyo conocimiento y experiencia ayudo en mi formación como persona.

A mis queridos hermanos, por ser un pilar fundamental en mi desarrollo como persona y estudiante, quienes me han brindado su experiencia y conocimiento.

A mi adorable novia, por ser mi soporte durante momentos difíciles de mi carrera, quien me acompaño y aconsejo cuando lo necesitaba y estuvo a mi lado sin importar el que.

A mis estimados docentes, cuyo conocimiento fue compartido para crecer como profesional y guiarme en el camino de mis estudios.

David Llerena

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme oportunidad de vivir con salud.

Agradezco a mis padres, sin ellos no podría ser una persona con valores y principios.

Agradezco a mis hermanos, sin su apoyo no lograría estar en el lugar en el que estoy ahora.

Agradezco a mi novia, quien me apoyo, me enseñó y ayudo durante toda mi carrera.

Agradezco a mis docentes, pues ellos compartieron su conocimiento y su tiempo en diferentes áreas ajenas a la carrera.

Agradezco al Ingeniero Ramiro Delgado, gracias a que el inicio mi gusto por la investigación, y me dio la oportunidad de desarrollarme como asistente de investigación.

Muchas gracias a todos.

David Llerena

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 ALCANCE	4
1.6 ESTADO DEL ARTE	6
1.6.1 Planteamiento de la revisión sistemática.....	6
1.6.2 Conformación del grupo de control (GC) y extracción de palabras relevantes	7
1.6.3 Construcción de la Cadena de Búsqueda	7
1.6.4 Selección de los estudios primarios.....	8
1.6.5 Elaboración del estado del arte.....	8
1.6.6 Conclusión del estado del arte	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO.....	11

2.1	ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)	11
2.1.1	Señales Electroencefalogramas (EEG)	13
2.1.2	Distribución de electrodos	16
2.1.3	Patrones EEG	16
2.2	INTERFAZ CEREBRO COMPUTADORA	17
2.2.1	Arquitectura BCI	18
2.2.2	Clasificación BCI	19
2.2.3	Tipos BCI	20
2.2.4	Dispositivos BCI	25
2.3	INTERNET DE LAS COSAS	27
2.3.1	Tecnología y modelos de conectividad	28
2.4	MÚSICA	32
2.4.1	Músico-terapia	33
2.4.2	El efecto de la música-terapia en electroencefalograma	34
2.5	ESTRÉS	35
2.5.1	El conocimiento del estrés en el cerebro humano	35
2.5.2	El estrés en estudiantes universitarios	36
2.6	HARDWARE DEL PROTOTIPO	37
2.6.1	Emotiv Epoc+	37
2.6.2	Google Home	39
2.7	HERRAMIENTAS DE SOFTWARE	41
2.7.1	EmotivApp	41
2.7.2	EmotivBCI	41
2.7.3	Node.js	43
2.7.4	Node-RED	43
	CAPÍTULO III	44
	ANÁLISIS, ARQUITECTURA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO	44
3.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS IEEE-830	44
3.1.1	Introducción	44

3.1.2 Propósito.....	44
3.1.3 Alcance.....	44
3.1.4 Perspectiva del producto.....	44
3.1.5 Interfaces del sistema.....	45
3.1.6 Interfaces del Usuario.....	45
3.1.7 Interfaces de hardware.....	48
3.1.8 Interfaces de software.....	50
3.1.9 Operaciones.....	51
3.1.10 Funcionalidad del producto.....	51
3.1.11 Actores.....	52
3.1.12 Clasificación de requerimientos funcionales.....	52
3.1.13 Clasificación de requerimientos no funcionales.....	53
3.1.14 Especificación de casos de uso.....	54
3.1.15 Modelo de la Base de Datos.....	58
CAPÍTULO IV.....	62
IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN.....	62
4.1 Interfaces finales de usuario.....	62
4.2 Evaluación y pruebas con usuarios.....	67
4.3 Análisis e interpretación de resultados.....	78
CAPÍTULO V.....	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1 Conclusiones.....	88
5.2 Recomendaciones.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Preguntas de investigación.....	6
Tabla 2 Grupos de Control.....	7
Tabla 3 Estudios primarios.....	8
Tabla 4 Tipos de patrones con ritmos normales en EEG.....	17
Tabla 5 Tipos de patrones con ritmos anormales en EEG.....	17
Tabla 6 Técnicas BCI y su comparación.....	25
Tabla 7 Comparación dispositivos BCI.....	27
Tabla 8 Características de Emotiv EPOC+.....	38
Tabla 9 Lista de actores del prototipo.....	52
Tabla 10 Lista de requerimientos funcionales.....	52
Tabla 11 Lista de requerimientos no funcionales.....	53
Tabla 12 Escala cualitativa y cuantitativa sobre la encuesta de estresores académicos.....	67
Tabla 13 Muestra seleccionada para el uso del prototipo.....	78
Tabla 14 Extensiones validas de audio.....	79
Tabla 15 Escala cualitativa y cuantitativa de la eficiencia en pistas musicales.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Flujo de trabajo para la determinación del estrés.....	5
Figura 2 Dispositivo EEG de 128 electrodos	11
Figura 3 Corteza cerebral	12
Figura 4 Esquema de un electrodo	12
Figura 5 Actividad cerebral medida en multicanales	13
Figura 6 Onda cerebral alfa	14
Figura 7 Onda cerebral beta	14
Figura 8 Onda cerebral teta	15
Figura 9 Onda cerebral delta	15
Figura 10 Sistema de posicionamiento de electrodos.....	16
Figura 11 Arquitectura BCI.....	18
Figura 12 Técnica no invasiva.....	19
Figura 13 Técnica semi-invasiva.....	19
Figura 14 Técnica invasiva.....	19
Figura 15 Electrodos de unidad única	20
Figura 16 Estructura del cerebro visto desde la corteza cerebral	21
Figura 17 MEG BCI.....	22
Figura 18 PET BCI.....	22
Figura 19 fMRI BCI.....	23
Figura 20 fNIRS BCI	23
Figura 21 EEG BCI	24
Figura 22 NeuroSky	25
Figura 23 Muse.....	26
Figura 24 g.Nautilus	26
Figura 25 OpenBCI	26
Figura 26 Emotiv.....	27
Figura 27 Sistema de monitorización basado en IoT	28
Figura 28 Modelo dispositivo a dispositivo	29
Figura 29 Modelo dispositivo a la nube	30
Figura 30 Modelo dispositivo a puerta de enlace.....	31
Figura 31 Modelo intercambio de datos a back-end	31
Figura 32 Actividad onda cerebral y los diferentes géneros musicales.....	34
Figura 33 Intensidad según género musical	35
Figura 34 Estresores académicos.....	37
Figura 35 Kit EPOC+	38
Figura 36 Google Home y sus versiones.....	39
Figura 37 Google Home Mini	40
Figura 38 Google Home Mini estructura	40

Figura 39 Software EmotivApp	41
Figura 40 Software EmotivBCI.....	42
Figura 41 Lienzo de programación por flujos Node-RED	45
Figura 42 Menú de navegación	45
Figura 43 CRUD Pacientes	46
Figura 44 CRUD Música.....	46
Figura 45 Pantalla monitoreo	47
Figura 46 Pantalla reportes.....	47
Figura 47 Pantalla manual.....	48
Figura 48 Emparejamiento Bluetooth Emotiv Epoc+	49
Figura 49 Google Home App configuración	50
Figura 50 Diagrama de casos de uso	51
Figura 51 Modelo conceptual.....	59
Figura 52 Modelo lógico	60
Figura 53 Modelo físico	61
Figura 54 Menú Principal (Final).....	62
Figura 55 Ventana pistas musicales	63
Figura 56 Formulario para la determinación de estrés	64
Figura 57 Ventana monitoreo.....	65
Figura 58 Ventana de reportes.....	66
Figura 59 Ventana manual.....	66
Figura 60 Género de los encuestados	68
Figura 61 Estadísticas obtenidas en la pregunta 1	68
Figura 62 Estadísticas obtenidas en la pregunta 2.....	69
Figura 63 Estadísticas obtenidas en la pregunta 3.....	69
Figura 64 Estadísticas obtenidas en la pregunta 4.....	70
Figura 65 Estadísticas obtenidas en la pregunta 5.....	70
Figura 66 Estadísticas obtenidas en la pregunta 6.....	71
Figura 67 Estadísticas obtenidas en la pregunta 7.....	71
Figura 68 Estadísticas obtenidas en la pregunta 8.....	72
Figura 69 Estadísticas obtenidas en la pregunta 9.....	72
Figura 70 Estadísticas obtenidas en la pregunta 10.....	73
Figura 71 Estadísticas obtenidas en la pregunta 11.....	73
Figura 72 Estadísticas obtenidas en la pregunta 12.....	74
Figura 73 Estadísticas obtenidas en la pregunta 13.....	74
Figura 74 Estadísticas obtenidas en la pregunta 14.....	75
Figura 75 Estadísticas obtenidas en la pregunta 15.....	75
Figura 76 Respuestas de la pregunta abierta	76
Figura 77 Colocación del dispositivo Emotiv Epoc+ sobre el estudiante del grupo 1.....	78
Figura 78 Registro de pistas musicales preferidas por estudiantes	79

Figura 79 Etapa de monitoreo fase1	80
Figura 80 Resolución de ejercicios por el estudiante del grupo 1	80
Figura 81 Resultados de la fase 1 del estudiante del grupo1	81
Figura 82 Resolución de ejercicios en papel durante la fase2.....	82
Figura 83 Resultados de la fase 2 del estudiante del grupo 1.....	82
Figura 84 Formula para determinar la eficiencia de la pista musical.....	83
Figura 85 Colocación del dispositivo Epoc+ en el estudiante del grupo2	83
Figura 86 Resultados de la fase 1 del estudiante del grupo2.....	84
Figura 87 Nivel de estrés por debajo del umbral.....	84
Figura 88 Resultados de la fase 1 del estudiante del grupo 3.....	85
Figura 89 Resultados de la fase 2 del estudiante del grupo 3.....	85
Figura 90 Resultados de la fase 1 del estudiante del grupo4.....	86
Figura 91 Resultados de la fase 2 del estudiante del grupo 4.....	86
Figura 92 Eficiencia de las pistas musicales	86
Figura 93 Resultados promedio del nivel de estrés por género en fase1.....	87
Figura 94 Resultados promedio del nivel de estrés por género en fase2.....	87

RESUMEN

La afección denominada estrés que en el contexto educacional se lo conoce como estrés académico, es generada, por estresores presentes en la vida de las personas y en especial de los estudiantes puede incidir en la derivación de enfermedades mentales, además, es una de las causas más comunes por las que los estudiantes dejan la universidad, tienen un bajo rendimiento académico o no se sienten motivados. El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un prototipo que reduzca el nivel de estrés de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas e Informática a un nivel aceptable a través del monitoreo de la actividad cerebral y el nivel de estrés generado por el dispositivo electroencefalograma EPOC+; en el caso de presentar altos niveles de estrés se aplicará musicoterapia, una terapia con efectos comprobados en el tratamiento del estrés, esta terapia se utilizó de forma automatizada activándose según el nivel de estrés a través del dispositivo Google Home. La terapia fue dividida en dos fases, la primera correspondió al monitoreo de las ondas alfa, beta, gama, teta y el estrés, mientras que la segunda fase fue la aplicación de musicoterapia y el monitoreo de su efecto según si el nivel de estrés sobrepasa el umbral definido. Para verificar los resultados se seleccionó una muestra de acuerdo a la calificación obtenida en una encuesta basada en un banco de preguntas de la escala de estresores académicos, y el asesoramiento de expertos en el tema de psicología, neuropsicología, y educación.

PALABRAS CLAVE:

- **ONDAS CEREBRALES**
- **EMOTIV EPOC+**
- **INTERNET DE LAS COSAS**
- **ESTRÉS ACADÉMICO**

ABSTRACT

The disease called stress or in an educational context known as academic stress is a disease generated by many factors that are present in the life of a student, this may end in the development of mental illness, as well as one of the most common causes for which students drop out of college, has low academic performance or is not motivated enough. The present project aims to develop a prototype that will reduce the student's stress level to an acceptable level by monitoring the brain wave activity and the stress level generated by the records of an EPOC+ electroencephalogram device. In the case of the presence of high levels of stress, music therapy will be applied, a therapy with proven effects in the treatment of stress reduction, this therapy will be structured in an automated way which will be activated according to the stress level of the student through an IoT device.

The therapy will be divided into two phases, the first phase will have monitored brain waves activity such as alpha, beta, gamma, theta and the stress level, while the second phase will be the application of music therapy and the monitoring of its effects according to whether the stress level exceeds the defined threshold. To verify the results, a sample will be selected that will need to pass a minimum rating in a survey based on the question ban of the academic stress scale, and the advice of experts in the field of psychology, neuropsychology and education.

KEYWORDS:

- **BRAINWAVES**
- **EMOTIV EPOC+**
- **INTERNET OF THINGS**
- **ACADEMIC STRESS**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El Ministerio de Salud Pública (MSP), publicó que en enero del 2018 se atendieron alrededor de 42.823 casos de salud mental, la mayoría con trastornos de estrés y neuróticos. El estrés es normal en la vida de cada individuo, se activa en periodos de cambios, es una enfermedad que tiene diferentes formas de presentarse cotidianamente por lo cual es necesario saber detectarla y tratarla.(EcuadorVivo, 2018)

En Ecuador existen varios estudios que tienen como enfoque la reducción del estrés a través de metodologías, técnicas e incluso medicamentos, sin embargo, no todas las alternativas se adaptan a un individuo y existe complejidad en la identificación de estrés.(Michaela, 2016; Priscila, 2018; Salazar, 2014)

El uso de cascos EEG, para la medición de actividad cerebral en beneficio de algunas áreas de salud presenta varios casos de éxito entre ellos el efecto de los diferentes tipos de música en el tratamiento de la reducción de estrés, analizando su efecto en ondas cerebrales como Alfa, Beta, Gama.(Chavan, Tech, & Prof, 2016)

La creación de soluciones para disminuir el estrés son diversas y tienen diferentes enfoques. Una de ellas es la propuesta de un sistema basado en el Internet de las Cosas el cual mide el estrés a través de un dispositivo inteligente en forma de banda, y la realización de ejercicios relajantes a través de una aplicación móvil.(Trmčić, Labus, Bogdanović, Zrakić, & Radenković, 2018)

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Asociación Ecuatoriana de Psiquiatría (AEP), las enfermedades mentales más comunes en el Ecuador se derivan del estrés tales como: la depresión, la ansiedad y los trastornos por consumo de sustancias psicoactivas, los síntomas que más a menudo presentan los pacientes son: irritabilidad (46,8%); ansiedad (39,5%); insomnio (38%); dolores de cabeza y musculares (32.2%) y fatiga física (29,9%). Asimismo, afecta más a menudo a la mujer que al hombre, ya que una de cada dos (48,7%) declara sentirlo frecuente o continuamente, frente a uno de cada tres varones (31,5%).(ElComercio, 2014)

El estrés académico es una de las causas de irritabilidad, ansiedad e insomnio en estudiantes, es aquél que se produce a partir de las demandas que exige el ámbito educativo, tanto a profesores como estudiantes también conocido como el síndrome de Burnout, o el estrés informado, esto puede afectar en su desarrollo académico, cambios anímicos, desgastes físicos, baja motivación y el entusiasmo del individuo por realizar su trabajo.(Caldera, Pulido, & Martínez, 2007; Martín, 2012; Yong, 2011)

Por esta razón es necesario contar con herramientas que permitan reducir el nivel de estrés de los estudiantes universitarios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, dado que el estrés es una causa común que deriva enfermedades mentales que sufren los estudiantes, además de afectar su rendimiento académico.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La temática del estrés se considera un mal común que se manifiesta más frecuentemente en el ámbito educativo la cual debe ser detectada y tratada a tiempo para evitar trastornos físicos o psicológicos. (Elzeiny & Qaraq, 2018)

Actualmente, existen dispositivos en forma de banda que miden el nivel de estrés a través del Internet de las Cosas, la solución que proponen para la reducción de estrés medido por dicho dispositivo es el de la visualización de videos en aplicaciones móviles para alcanzar un estado de relajación, también existe otros alcances como la aplicación de musicoterapia para la reducción de estrés como una terapia de neuro-retroalimentación. (Chavan et al., 2016)

El siguiente trabajo de titulación tiene como objetivo propuesto el de desarrollar un prototipo de aplicación el cual pueda combinar el efecto de la musicoterapia y la medición de la actividad cerebral de un usuario para lograr reducir el nivel de estrés de una manera eficiente, aplicando dispositivos como electroencefalogramas y el Internet de las Cosas, para automatizar ciertos procesos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de aplicación para la medición del estrés aplicando musicoterapia a estudiantes de Ingeniería en Sistemas e Informática de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar una revisión preliminar de literatura para conocer, analizar e identificar los diferentes estudios que han empleado el uso de musicoterapia, dispositivos EEG e Internet de las Cosas para la reducción de estrés.
- Diseñar un prototipo de aplicación para la reducción de estrés a través de musicoterapia y la medición del nivel de estrés del usuario.
- Validar el prototipo, dentro de los parámetros establecidos para la obtención de datos en la ejecución de la investigación.
- Evaluar e interpretar los resultados obtenidos en un conjunto de estudio, para posteriormente establecer conclusiones y recomendaciones.

1.5 ALCANCE

La propuesta del proyecto es el desarrollo de un prototipo de aplicación que permita el uso de musicoterapia con el fin de medir y reducir el nivel de estrés a través de dispositivos electroencefalograma e Internet de las Cosas.

Para la validación del prototipo se seleccionó una muestra de estudiantes de Ingeniería los cuales fueron sometidos al proceso que se puede visualizar en la Figura 1, para determinar si en efecto es posible reducir su nivel de estrés.

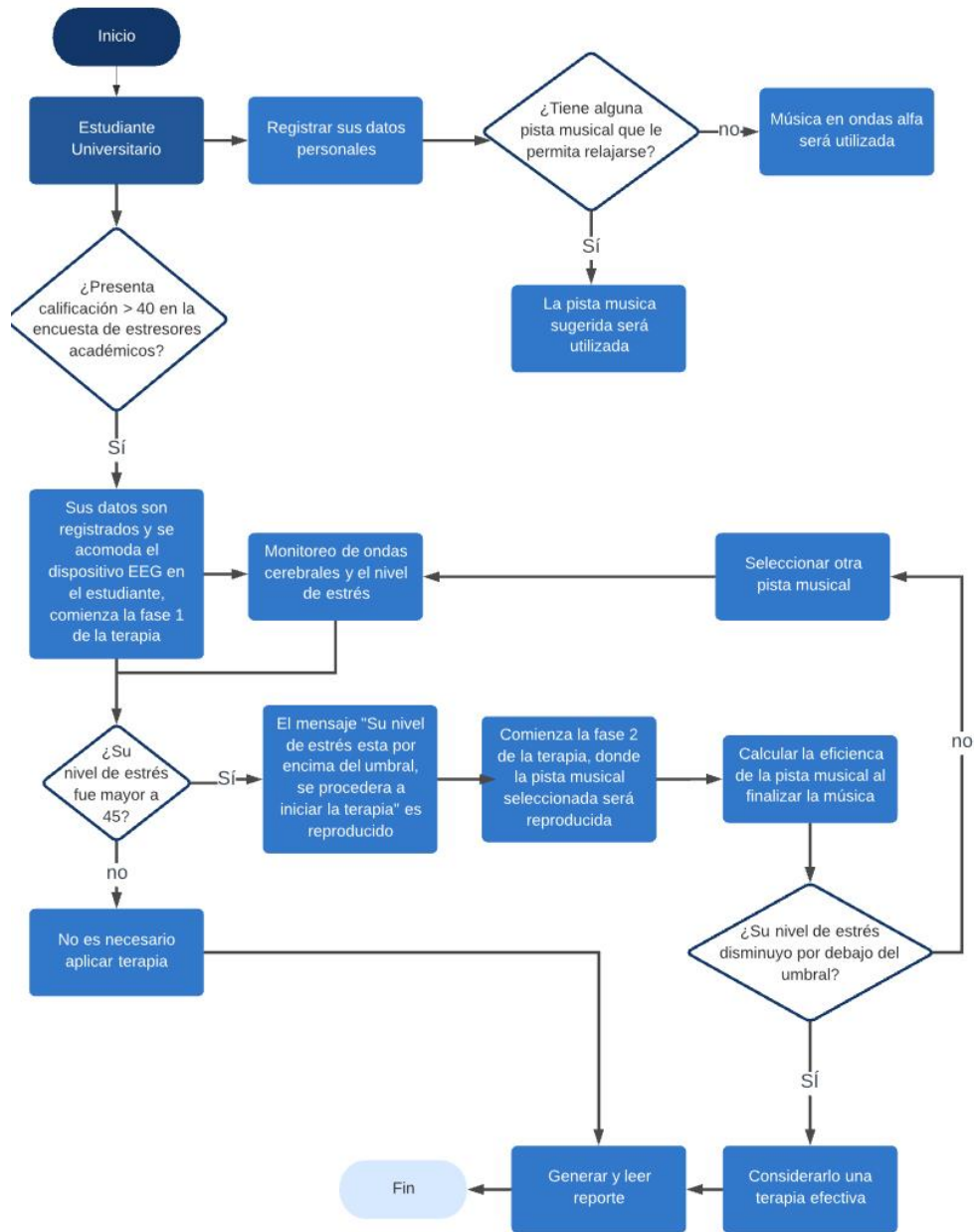


Figura 1 Flujo de trabajo para la determinación del estrés

1.6 ESTADO DEL ARTE

Para establecer el estado del arte, se realizó un proceso de revisión preliminar de literatura, se propuso preguntas de investigación en base a los objetivos específicos. Las preguntas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Preguntas de investigación

Objetivo específico	Pregunta de investigación
Realizar una revisión preliminar de literatura para conocer, analizar e identificar los diferentes estudios que han empleado el uso de musicoterapia, dispositivos EEG y IoT para la reducción de estrés	<ul style="list-style-type: none"> a. ¿Qué estudios han sido realizados en el contexto de la automatización de música terapia para reducir el estrés? b. ¿Qué estudios han sido realizados en el contexto de identificar el tipo de música y su efecto en ondas cerebrales?
Diseñar un prototipo de aplicación para la reducción de estrés a través de musicoterapia y la medición del nivel de estrés del usuario.	<ul style="list-style-type: none"> c. ¿Qué hardware y software es necesario para el desarrollo y diseño del prototipo?
Validar el prototipo, dentro de los parámetros establecidos para la obtención de datos de la ejecución de la investigación y experiencia de los sujetos de estudio	<ul style="list-style-type: none"> d. ¿Qué métricas pueden ser definidas para la validación del nivel de estrés? e. ¿Qué tipo de datos son relevantes con respecto a la investigación?
Evaluar e interpretar los resultados obtenidos en un conjunto de estudio	<ul style="list-style-type: none"> f. ¿El uso de la aplicación permitirá la reducción de estrés?

1.6.1 Planteamiento de la revisión sistemática

La fase inicial para el desarrollo de la revisión preliminar de literatura se realizó mediante la descripción de tecnologías y el caso de estudio, con el objetivo de alinear el prototipo con el problema y las preguntas de investigación.

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

Luego de realizar el estudio y la lectura de varias investigaciones, se planteó el grupo de control (GC), conformado por los siguientes artículos científicos mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2

Grupos de Control

Código	Título	Cita	Palabras Clave
EC1	The Effects of Different Types of Music on Electroencephalogram	(Sun et al., 2013)	music type; music therapy; electroencephalogram (EEG)
EC2	Stress detection and reduction using EEG signals	(Kalas & Momin, 2016)	means clustering, stress reduction, EEGsignal
EC3	Escala de estresores académicos para la evaluación de los estresores académicos en estudiantes universitarios	(Cabanach, Souto-Gestal, & Franco, 2016)	Academicstress;Stressors;Scale;Validity;Reliability;Undergraduates

Seleccionado el grupo de control (GC), fueron seleccionadas las palabras claves de mayor relación con el tema de investigación las cuales fueron: Brain computer interface (BCI), electroencefalograma(EEG), estrés, músico-terapia.

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: (“ELECTROENCEFALOGRAMA” **OR** “BRAIN COMPUTER INTERFACE” **OR** “ESTRÉS” **OR** “MUSICOTERAPIA”) **AND** (“EEG” **OR** “BCI” **OR** “STRESS”), misma que se utilizó en la base digital IEEE Explorer.

Sin embargo, esta cadena obtuvo un gran número de investigaciones, de las cuales fueron seleccionadas las investigaciones con la mayor cantidad de información relacionada al tema de investigación, después del filtro de investigaciones, se decidió por la siguiente cadena: (“ELECTROENCEFALOGRAMA”) **AND** (“MUSICOTERAPIA”) **AND** (“BCI”)

1.6.4 Selección de los estudios primarios

La búsqueda fue realizada en varias bases digitales entre ellas IEEE EXPLORER, DSPACE, GOOGLE ACADEMIC se encontró alrededor de 30 artículos, de los cuales fueron escogidos los artículos científicos más razonables con respecto a la investigación, los estudios primarios escogidos están listados en la Tabla 3.

Tabla 3

Estudios primarios

Código	Título	Cita
EP1	IOT for Music Therapy	(Pingle, 2016)
EP2	EEG Monitored Mind De-stressing Smart Phone Application using Yoga and Music Therapy	(Vijayaragavan, Raghav, Phani, & Vaidyanathan, 2016)
EP3	Stress detection and reduction using EEG signals	(Kalas & Momin, 2016)
EP4	The Effects of Different Types of Music on Electroencephalogram	(Sun et al., 2013)

1.6.5 Elaboración del estado del arte

EP1(Pingle, 2016): IOT for Music Therapy

Este artículo expresa como el uso de música-terapia y el uso del internet de las cosas, puede ayudar a una persona a llegar a un estado de relajación.

Como conclusión el autor determina que la combinación de IoT y la música-terapia podría facilitar la obtención de conocimiento sobre la salud de una persona. Estudios médicos podrían determinar la salud de una persona sin necesidad de que la persona esté presente en un dispensario médico.

EP2(Vijayaragavan et al., 2016): EEG Monitored Mind De-stressing Smart Phone Application using Yoga and Music Therapy

Este artículo expresa la importancia de reducir el estrés de una persona para evitar el desequilibrio en la actividad neuronal, el autor busca solucionarlo a través de una aplicación de celular que permite realizar ejercicios Yoga y músico-terapia, los resultados fueron analizados mediante dispositivos EEG, el autor concluye que llegó a la solución prometedora reducir el estrés.

EP3(Kalas & Momin, 2016): Stress detection and reduction using EEG signals

El artículo hace hincapié en la problemática relacionada al estrés a nivel mundial, explicando su efecto a nivel mental y físico. El artículo propone una comparación entre métodos tradicionales para detectar el estrés vs la detección del nivel de estrés a través de dispositivos EEG. El estudio tiene como resultado un método para desarrollar soluciones que permitan reducir el estrés en las personas.

EP4(Sun et al., 2013): The Effects of Different Types of Music on Electroencephalogram

El artículo, analiza los efectos en ondas cerebrales de un dispositivo EEG, producido por diferentes tipos de música, los autores expresan que el uso de músico-terapia ha incrementado como una solución para el tratamiento de enfermedades psicológicas como la depresión, trauma y el estrés.

El uso de música dio un impacto positivo en el tratamiento de enfermedades, comprobando sus resultados a través de dispositivos EEG, como conclusión se determinó que los diferentes géneros musicales tienen diferentes tipos de impacto en el cerebro humano y en las ondas cerebrales, siendo esto una base para terapias dirigidas por música.

1.6.6 Conclusión del estado del arte

Existe varios estudios que demuestran los beneficios de la musicoterapia para combatir el estrés, además existen estudios que determinan el comportamiento de la música con las ondas cerebrales medidas mediante dispositivos EEG. Actualmente en Ecuador no hay varios estudios que correlacionen el Internet de las Cosas con la musicoterapia. Los estudios previamente mencionados servirán de guía para detallar y desarrollar el prototipo y así demostrar la importancia del uso de nuevas tecnologías como un beneficio para la salud.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)

El electroencefalograma es la lectura de las oscilaciones producidas en la actividad eléctrica del cerebro, registrado por dispositivos compuesto de 8 a 256 electrodos(ver Figura2), los cuales se sitúan en el cuero cabelludo, las señales son captadas por amplificadores y filtros para luego ser transmitidos a un sistema por computadora para su monitorización.(Nunez, P. L. Srinivasan, 2007)



Figura 2 Dispositivo EEG de 128 electrodos

Fuente: (Nunez, P. L. Srinivasan, 2007)

La mayoría de las señales de un electroencefalograma se originan en la capa externa del cerebro (corteza cerebral), la cual se cree en gran parte es responsable de nuestros pensamientos, emociones y comportamientos individuales. La acción sináptica cortical genera señales eléctricas que cambian en el rango de 10 a 100 milisegundos, siendo los dispositivos electroencefalogramas las únicas tecnologías ampliamente disponibles para seguir estos rápidos cambios dinámicos. (Nunez, P. L. Srinivasan, 2007)

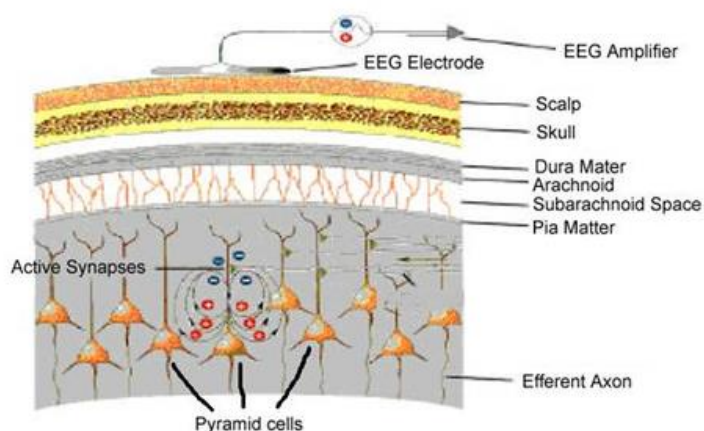


Figura 3 Corteza cerebral

Fuente: (Nunez, P. L. Srinivasan, 2007)

Los dispositivos electroencefalogramas contienen electrodos los cuales son los encargados de recoger la actividad eléctrica generada por las neuronas, ubicadas en la corteza cerebral, el nivel de estas señales se las mide en micro voltios, por lo que los electrodos están contruidos con materiales como el oro, plata, aluminio como se ve en la Figura 4.(Caballero, 2005)

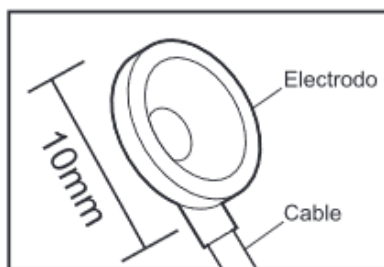


Figura 4 Esquema de un electrodo

Fuente: (Caballero, 2005)

2.1.1 Señales Electroencefalogramas (EEG)

Las señales EEG, son el resultado de obtener la actividad sináptica de las neuronas, ubicadas en la zona cortical del cerebro, su clasificación se da de acuerdo al número de veces en la que una onda cerebral se repite en un segundo, denominándolo como frecuencia. Las bandas de frecuencia tienen ciertas características que son distinguibles como se ve en la Figura 5, funcionan en diferentes frecuencias, representan diferentes estados y son ubicados en diferentes lugares del cerebro. (Caballero, 2005)

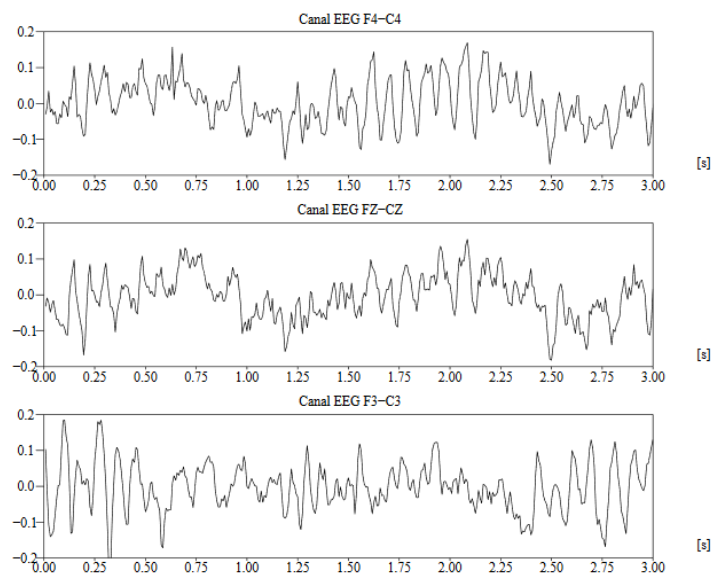


Figura 5 Actividad cerebral medida en multicanales

Fuente: (Caballero, 2005)

2.1.1.1 Onda Alfa

La onda Alfa se encuentra en el rango de frecuencias entre los 8Hz y 12Hz, su voltaje es usualmente cercano a los 20 μ V. Las ondas Alfa se asocian a inactividad cerebral, desconcentración y relajación.

Su frecuencia puede llegar hasta los 20 Hz como se ve en la Figura 6, se manifiestan en el lóbulo occipital y frontal, y pueden reducirse abriendo los ojos, presentando estímulos no familiares al sujeto, ansiedad y por medio de actividad mental intensa. La presencia exclusiva de ondas Alfa refleja la ausencia de actividad mental más que pasividad.(Caballero, 2005)

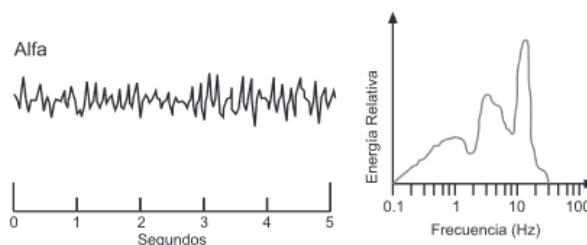


Figura 6 Onda cerebral alfa

Fuente: (Caballero, 2005)

2.1.1.2 Onda Beta

La onda Beta se encuentra en el rango de frecuencia entre 12Hz y 30Hz como se ve en la Figura 7. Su voltaje esta entre los 5 a 30 μ V. Las ondas Beta están relacionadas al pensamiento activo, estado alerta y resolución de problemas. Durante actividades intensas puede alcanzar hasta los 50Hz. Esta onda ocurre principalmente en el lóbulo frontal y parietal.(Caballero, 2005)

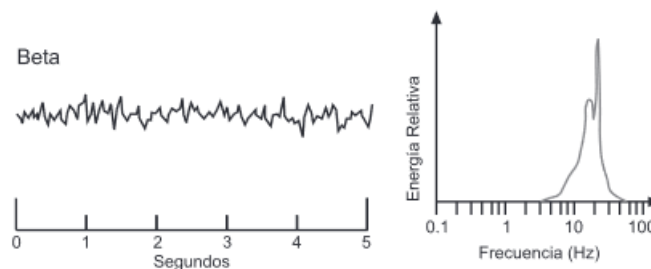


Figura 7 Onda cerebral beta

Fuente: (Caballero, 2005)

2.1.1.3 Onda Teta

Las ondas Teta se encuentran en el rango de frecuencias entre 4 Hz y 8 Hz, su voltaje generalmente supera los 20 Mv visualizado en la Figura 8. Las ondas Teta se asocian a estados emocionales de estrés, como decepción o frustración y sueño, también se ha demostrado que está relacionada a funciones mentales que involucran el acceso a material subconsciente, meditación profunda e inspiración creativa.(Caballero, 2005)

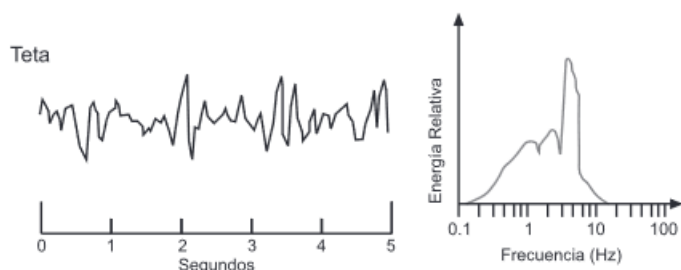


Figura 8 Onda cerebral teta

Fuente: (Caballero, 2005)

2.1.1.4 Onda Delta

Las ondas Delta se ubican en el rango de frecuencias entre 0.5 Hz y 4 Hz con amplitud variable como se ve en la Figura 9. Estas ondas se manifiestan principalmente durante sueño profundo, o en ciertos estados de meditación. Se presenta en estado de vigilia indican defectos o daños cerebrales.(Caballero, 2005)

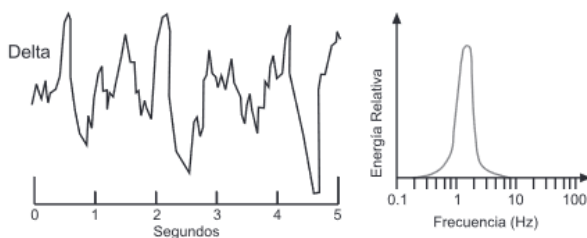


Figura 9 Onda cerebral delta

Fuente: (Caballero, 2005)

2.1.1.5 Onda Gama

Las ondas Gama se encuentran desde los 30 Hz hacia arriba, y están asociadas a procesos de comunicación, retro-alimentación y sincronización entre las diferentes zonas neuronales durante la realización de actividades mentales complejas. (Caballero, 2005)

2.1.2 Distribución de electrodos

Cada lóbulo se identifica por medio de una letra, más un número u otra letra que identifica la localización específica y el hemisferio. Las letras F, T, P, C, O corresponden a frontal, temporal, parietal, central y occipital, respectivamente. Los números impares se ubican en el hemisferio izquierdo, los pares en el hemisferio derecho. (Ver Figura 10)

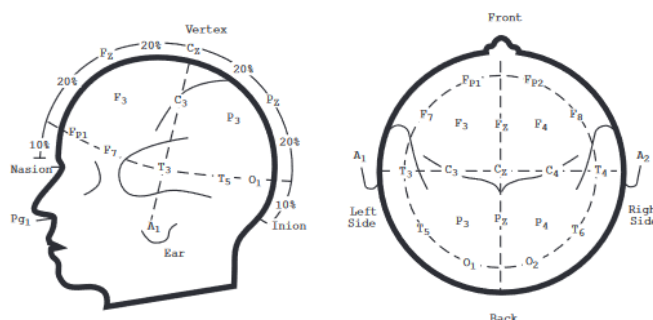


Figura 10 Sistema de posicionamiento de electrodos

Fuente: (Caballero, 2005)

2.1.3 Patrones EEG

Para la detección de un patrón EEG, es necesario considerar la ubicación de los electrodos, una configuración mal seleccionada puede no registrar una actividad cerebral relacionada, estos patrones están catalogados como ritmos normales y ritmos anormales estos últimos relacionados a enfermedades mentales. Véase Tabla 4 y 5

Tabla 4*Tipos de patrones con ritmos normales en EEG*

Patrón	Descripción
EEG en estado de vigilia consciente	El patrón se presenta “de sincronizado” con ondas muy irregulares (9,5-14 Hz)
EEG en estado de relajación con ojos cerrados	Aparece frecuencia alfa (8-14 Hz) con ondas rítmicas
EEG del sueño REM	Presenta ritmo beta característico del EEG en estado de vigilia (13-30 Hz)

Fuente: (Caballero, 2005)

Tabla 5*Tipos de patrones con ritmos anormales en EEG*

Patrón	Descripción
Anomalías focales sin convulsiones	Actividad lenta focal e inversión de fase
Anomalías generalizadas sin convulsiones	Enlentecimiento difuso de la frecuencia theta
Trastornos que implican sustancia blanca	Actividad delta con interferencias polimórficas

Fuente: (Caballero, 2005)

2.2 INTERFAZ CEREBRO COMPUTADORA

Brain Computer Interface o Interfaz cerebro-computadora es un sistema que registra y analiza señales neuronales con el objetivo de crear un canal de comunicación directo entre el cerebro y el computador.(Moreno et al., 2019)

En general, un sistema BCI está basado en señales EEG, el cual es un canal de comunicación lento en comparación con acciones humanas normales, debido a la complejidad y el nivel de contaminación de las señales utilizadas, como también al tiempo requerido para completar el procesamiento y clasificación.(Moreno et al., 2019)

2.2.1 Arquitectura BCI

La arquitectura de un sistema BCI se compone de entradas, salidas, y elementos de clasificación y procesos, se encuentra estandarizada de la siguiente manera, ver Figura 11:

- Sujeto: quien maneja o realiza una actividad bajo un estímulo.
- Adquisición: señales EEG medidas por medio de métodos no-invasivos.
- Procesamiento: filtro y limpieza de la señal, mejorándola por técnicas de señal-ruido o señal-interferencia.
- Clasificación: reconocimiento de patrones.
- Respuesta: ejecución de comandos, y retroalimentación para el sujeto.

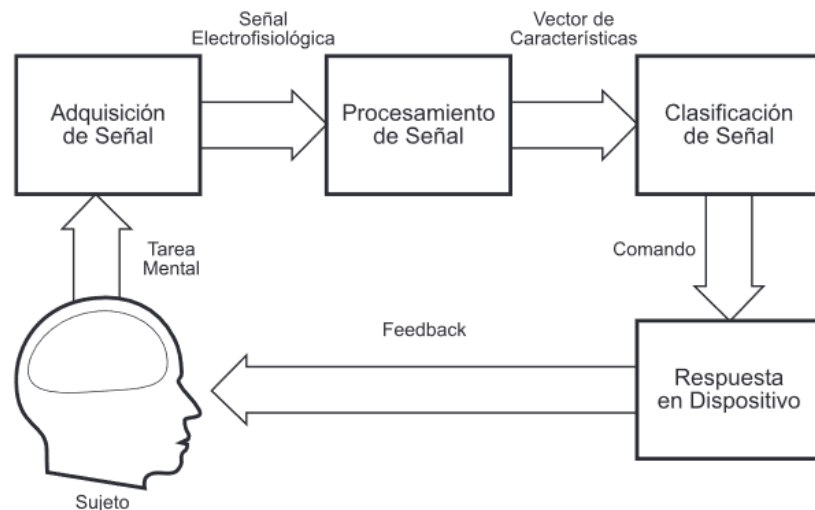


Figura 11 Arquitectura BCI

Fuente: (Caballero, 2005)

2.2.2 Clasificación BCI

Existen tres diferentes técnicas para medir las señales cerebrales las cuales consisten en:

- No Invasiva: Los electrodos que se ubican en el cuero cabelludo del humano para medir potenciales eléctricos producidos por el cerebro (EEG) o el campo magnético (MEG). Ver Figura12



Figura 12 Técnica no invasiva

Fuente: (EMOTIV, 2019)

- Semi Invasiva: Los electrodos que se ubican en la parte expuesta del cerebro (ECoG). Ver Figura13

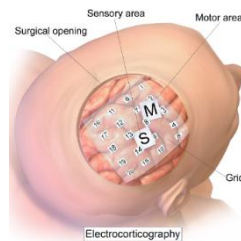


Figura 13 Técnica semi-invasiva

Fuente: (Hafeez, Shakil, & Jangsher, 2019)

- Invasiva: Los micro-electrodos ubicados en la corteza cerebral, miden la actividad de una sola neurona. Ver Figura 14

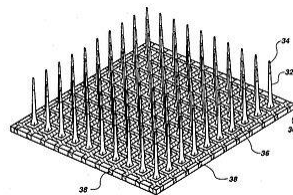


Figura 14 Técnica invasiva

Fuente: (Vijayaragavan et al., 2016)

2.2.3 Tipos BCI

Dependiendo de su categoría existen diversos tipos de BCI, los cuales miden señales eléctricas del cerebro basándose en el flujo sanguíneo, actividad, comportamiento o inclusive material radioactivo.

2.2.3.1 Unidad única

BCI de una sola unidad implementado directamente en el cerebro en una neurocirugía, detecta la actividad cerebral de una sola neurona, la calidad de la señal es la más alta de todos los BCI, sin embargo, el proceso es peligroso y costoso, este tipo de BCI está dirigido a personas no videntes o paralizadas.

Después de su implementación y varios meses después el cuerpo reacciona a objetos externos y los cubre de tejidos deteriorando la señal como se ve en la Figura 15.

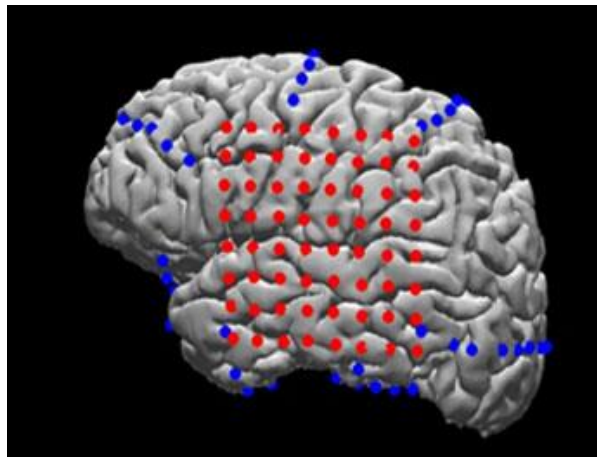


Figura 15 Electroodos de unidad única

Fuente: (Shih, Krusienski, & Wolpaw, 2012)

2.2.3.2 Electrocoqueografía (ECoG)

Son electrodos directamente ubicados en la parte expuesta de la superficie del cerebro, con el propósito de medir la actividad eléctrica de la corteza cerebral, se lo aplica solo en cirugías si es necesario por razones médicas como epilepsia.

Los electrodos son ubicados en la parte posterior del cráneo en la parte epidural como se ve en la Figura 16, normalmente son integrados alrededor de 4 a 256 electrodos, permitiendo diversos estudios cognitivos, uno de los mayores beneficios en comparación a electroencefalogramas, es que su señal es ligeramente más efectiva y se permite la obtención de imágenes de actividad cerebral más claras.

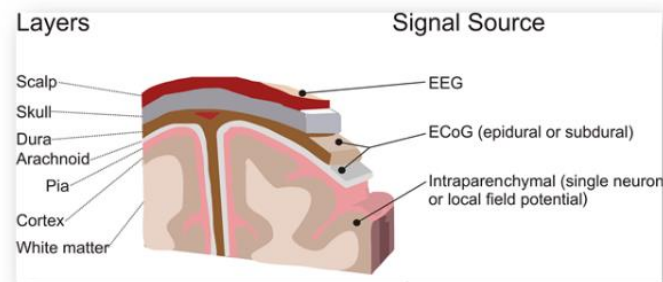


Figura 16 Estructura del cerebro visto desde la corteza cerebral

Fuente: (Shih et al., 2012)

2.2.3.3 Magneto-encefalograma (MEG)

Es un tipo de BCI que usa técnicas de mapeo de la actividad cerebral a través de campos magnéticos producidos por las corrientes eléctricas naturales en nuestro cerebro como se ve en la Figura 17, usa magno-metros bastante sensibles, este tipo de BCI resulta ser la opción de mayor eficacia en comparación al electroencefalograma debido a su detección de actividad de alta frecuencia, producto del bajo ruido existente.



Figura 17 MEG BCI

Fuente: (Shih et al., 2012)

2.2.3.4 Tomografía por emisión de positrones (PET)

Es una técnica BCI en medicina utilizada para observar diferentes procesos, como el flujo de sangre, metabolismo, actividad cerebral que ocurre en nuestro cuerpo, utiliza una pequeña cantidad de material radioactivo, llamado radio-tracer, el cual es inyectado en el flujo sanguíneo con el propósito de que llegue al cerebro, como se ve en la Figura 18.

Este tipo de técnica es empleada para la detección de enfermedades como cáncer o enfermedades degenerativas, la imagen de la actividad cerebral durante el uso de esta técnica se la representa con varios colores donde rojo y amarillo significa la mayor presencia de actividad.



Figura 18 PET BCI

Fuente: (Shih et al., 2012)

2.2.3.5 Imagen por resonancia magnética funcional (fMRI)

Es un procedimiento clínico que utiliza tecnología MRI y BCI, que mide la actividad cerebral detectando cambios asociados con el flujo sanguíneo, esta técnica está basada en el hecho de que el flujo sanguíneo y la activación neuronal ocurre al mismo tiempo ver Figura19.

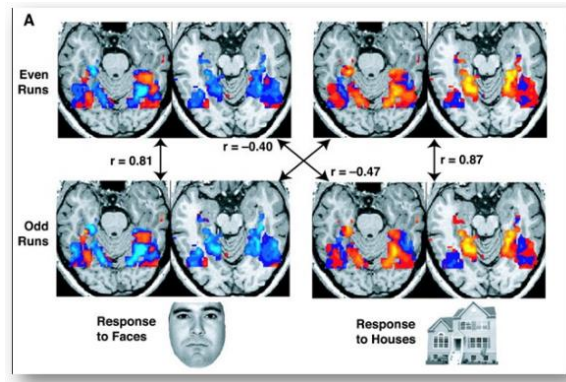


Figura 19 fMRI BCI

Fuente: (Shih et al., 2012)

2.2.3.6 Espectroscopia del infrarrojo cercano (fNIRS)

Es una técnica que emplea NIRS y BCI, con el propósito de medir la actividad cerebral a través de hemodinámica resultante del comportamiento neuronal, su funcionamiento se basa en medir el cambio del flujo sanguíneo durante la actividad física o emocional mediante luces infrarrojas, ver Figura 20.



Figura 20 fNIRS BCI

Fuente: (Shih et al., 2012)

2.2.3.7 Electroencefalograma (EEG)

Registros de la actividad eléctrica-cerebral producto de electrodos ubicados en el cuero cabelludo, ver Figura 21.



Figura 21 EEG BCI

Fuente: (Shih et al., 2012)

2.2.3.8 Comparación tipos BCI

La mayoría de técnicas BCI son eficaces siendo fMRI, PET y NIRS, técnicas que dependen de los cambios en el flujo sanguíneo, mientras que técnicas como MEG y EEG, miden la actividad magnética y eléctrica del cerebro, respectivamente. Si bien las imágenes cerebrales generadas son más claras en los dispositivos como fMRI y NIRS, tienen una resolución temporal deficiente además de ser dañinas al cuerpo humano por la constante aplicación de estos, MEG y PET tienen una alta resolución espacial y temporal, finalmente EEG tiene baja resolución espacial pero alta resolución temporal.

A continuación, se presenta en la Tabla 6 la comparación de varias características de los BCI.

Tabla 6

Técnicas BCI y su comparación

BCI	Costo	Riesgo	Señal	Resolución	Resolución
				Espacial	Temporal
Unidad única	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
ECoG	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio
MEG	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto
PET	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto
Fmri	Medio	Bajo	Alto	Alto	Bajo
Fnirs	Medio	Bajo	Medio	Alto	Bajo
EEG	Bajo	Muy Bajo	Medio	Bajo	Alto

Fuente: (Shih et al., 2012)

2.2.4 Dispositivos BCI

Actualmente existen varios dispositivos EEG en el mercado de 1 a 64 canales, algunos de software pagado, y otros de código abierto.

2.2.4.1 Neurosky

Neurosky es una compañía que crea tecnología BCI, su producto más popular es el dispositivo EEG Mindwave Mobile, diadema de un canal compatible con dispositivos Android e IOS.(NeuroSky, n.d.)



Figura 22 NeuroSky

Fuente: (NeuroSky, n.d.)

2.2.4.2 Muse

Es una diadema EEG de cuatro canales, que se enfoca en la lectura de señales del estado de relajación de la persona, entre sus diversas aplicaciones. Disponible en dispositivos móviles a través de conexión Bluetooth.(Muse, n.d.)



Figura 23 Muse

Fuente: (Muse, n.d.)

2.2.4.3 g.Nautilus

Es una empresa que desarrolla diademas EEG diseñadas para investigación, sus diademas son flexibles y fáciles de acomodar en la cabeza, la mayoría de casco tiene alrededor de 8/16/32/64 canales EEG.



Figura 24 g.Nautilus

Fuente: (Nautilus, n.d.)

2.2.4.4 OpenBCI

Es un dispositivo BCI, que con su diadema EEG busca ser opensource hardware y software, OpenBCI pone a disposición su diseño para el estudio, modificación materialización de su dispositivo.



Figura 25 OpenBCI

Fuente: (OpenBCI, n.d.)

2.2.4.5 Emotiv

Emotiv es una empresa que desarrolla diademas EEG dedicadas a registrar actividad eléctrica cerebral no invasiva, sus diademas son compatibles con Windows y MAC.



Figura 26 Emotiv

Fuente: (Emotiv, n.d.)

2.2.4.6 Comparación dispositivos BCI

Tabla 7

Comparación dispositivos BCI

BCI	Costo	Canales	Plataforma	Uso
NeuroSky	\$99.99	1 Canal	Android/IOS	Casual
Muse	\$271.67	4 Canales	Android/IOS	Casual
g.Nautilus	\$20.000	64 Canales	MatLab (Windows)	Investigación Médico
OpenBCI	\$999.99	16 Canales	Multi plataforma	Investigación Casual
Emotiv	\$799.00	14 Canales	Windows/Mac	Investigación Casual

2.3 INTERNET DE LAS COSAS

Se refiere a escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad de cómputo se extiende a objetos, sensores y artículos de uso diario que habitualmente no se consideran computadoras, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana, ver Figura 27.(Rose, 2015)

El Internet de las Cosas introduce nuevas herramientas que enriquecen el trabajo en diferentes sectores industriales y el marco del cuidado de la salud, incluyendo métodos, estadísticas y casos de éxito. (Castro et al., 2017)

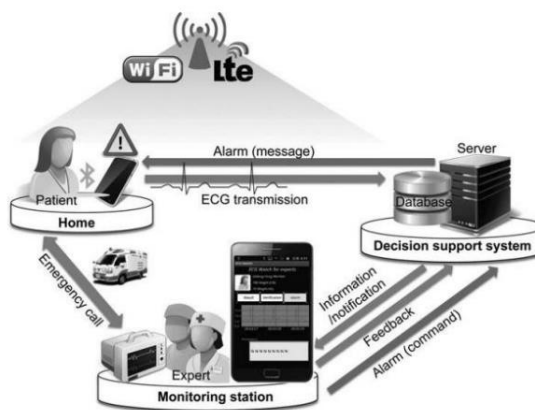


Figura 27 Sistema de monitorización basado en IoT

Fuente: (Castro et al., 2017)

2.3.1 Tecnología y modelos de conectividad

El concepto de combinar computadoras, sensores y redes para monitorear y controlar diferentes dispositivos ha existido durante décadas. Sin embargo, la reciente confluencia de diferentes tendencias del mercado tecnológico está permitiendo que el Internet de las Cosas esté cada vez más cerca de ser una realidad generalizada. (Rose, 2015)

Estas tendencias incluyen la conectividad omnipresente, la adopción generalizada de redes basadas en el protocolo IP, la economía en la capacidad de cómputo, los avances en el análisis de datos y el surgimiento de la computación en la nube. (Castro et al., 2017)

La implementación del Internet de las Cosas utiliza diferentes modelos de conectividad, cada uno de los cuales tienen sus propias características.

2.3.1.1 Dispositivo a dispositivo

El modelo de comunicación dispositivo a dispositivo representa dos o más dispositivos que se conectan y se comunican directamente entre sí y no a través de un servidor de aplicaciones intermedias. Estos dispositivos se comunican sobre muchos tipos de redes, entre ellas las redes IP o Internet, ver Figura 28.

Estas redes dispositivo a dispositivo permiten que los dispositivos, intercambien mensajes para comunicarse, por lo general, este modelo de comunicación es utilizado en aplicaciones como sistemas de automatización del hogar, que habitualmente utilizan pequeños paquetes de datos para la comunicación, con requisitos relativamente bajos en términos de tasa de transmisión. (Rose, 2015)



Figura 28 Modelo dispositivo a dispositivo

Fuente: (Rose, 2015)

2.3.1.2 Dispositivo a la nube

En un modelo de comunicación de dispositivo a la nube, el dispositivo de IoT se conecta directamente a un servicio en la nube, este enfoque aprovecha los mecanismos de comunicación existentes como Wi-Fi o cables Ethernet, para establecer una conexión entre el dispositivo y la red IP, que luego se conectará a un servicio en la nube, ver Figura 29.

No obstante, al intentar integrar dispositivos de diferentes fabricantes pueden surgir problemas de interoperabilidad.(Rose, 2015)

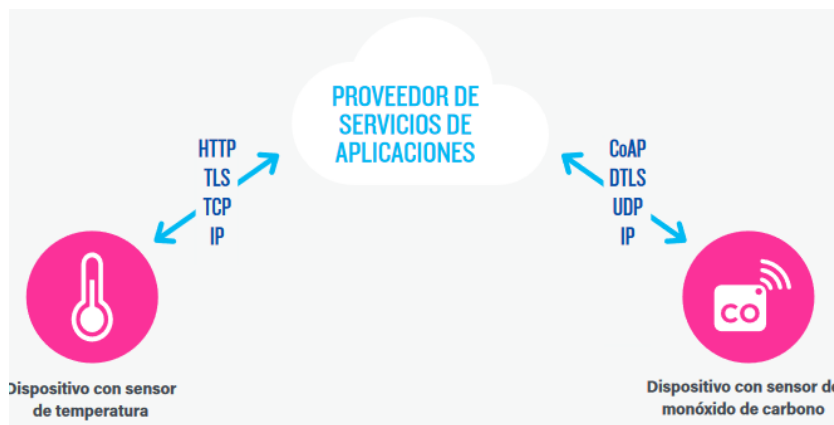


Figura 29 Modelo dispositivo a la nube

Fuente: (Rose, 2015)

2.3.1.3 Dispositivo a puerta de enlace

El modelo dispositivo a puerta de enlace, enlaza el dispositivo IoT que se conecta a través de la capa de aplicación como una forma de llegar a un servicio en la nube. Un software de aplicación actúa como intermediario entre el dispositivo y la puerta de enlace actual, ver Figura 30.

En los dispositivos de consumo se utilizan diferentes formas de este modelo en muchos casos, el dispositivo de puerta de enlace local es un teléfono inteligente con una aplicación para comunicarse con un dispositivo y transmitir datos a un servicio en la nube.

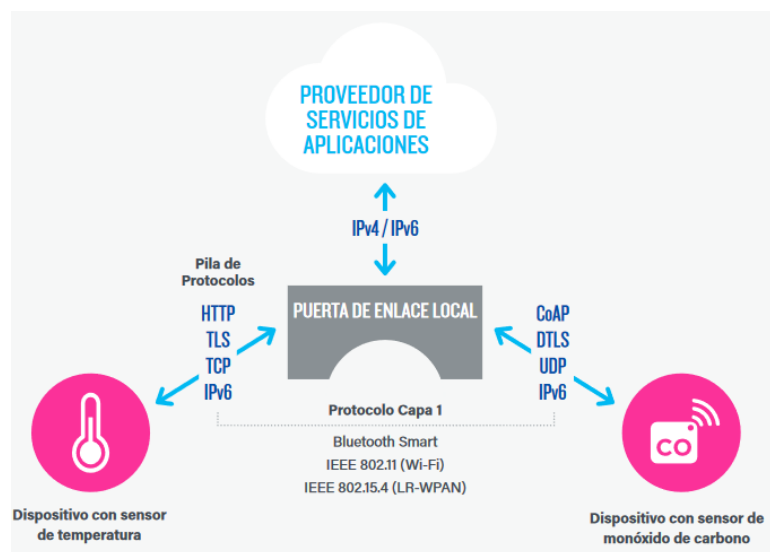


Figura 30 Modelo dispositivo a puerta de enlace

Fuente: (Rose, 2015)

2.3.1.4 Intercambio de datos a través de Back-end

El modelo de intercambio de datos a través del back-end se refiere a una arquitectura de comunicación que permite a los usuarios exportar y analizar datos de objetos inteligentes de un servicio en la nube en combinación con datos de otras fuentes.

Una arquitectura de intercambio de datos a través de Back-end permite agregar y analizar los datos recogidos de flujos obtenidos de un solo dispositivo IoT.

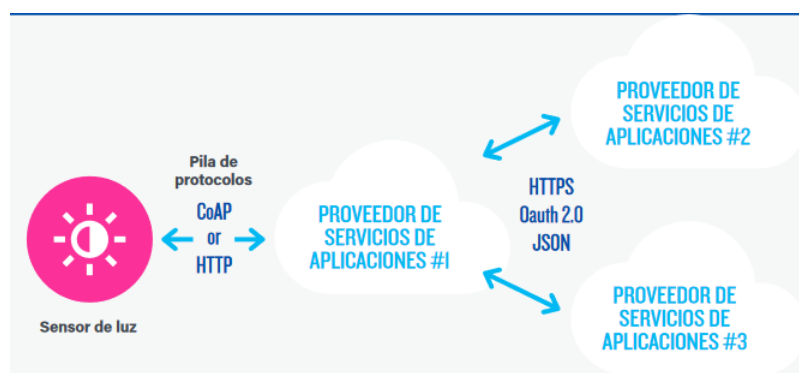


Figura 31 Modelo intercambio de datos a back-end

Fuente: (Rose, 2015)

2.4 MÚSICA

La música es un poderoso estímulo para nuestro cerebro y no solo una excelente fuente de entretenimiento, aprendizaje o relajación. Durante los últimos 20 años hay nuevas pruebas considerables de los extensos circuitos neuronales involucrados en el procesamiento de la música y los cambios morfológicos, neuroquímicos y electrofisiológicos que la música puede inducir.(Marcelo Miranda, Sergio Hazard, & Pablo Miranda, 2017)

La música cultiva sentimientos y cambia el temperamento de las personas puede mejorar ciertas funciones del cuerpo humano de manera fisiológica y psicológica como la reducción de la tensión, el estrés, la presión arterial y el dolor. Por otro lado, la frecuencia y la presión del sonido de las ondas musicales pueden causar reacciones psicológicas. La música positiva puede mejorar la excitabilidad de la corteza cerebral, mejorar las emociones, estimular los sentimientos e inspirar espíritus.

Si bien ayuda a eliminar los malos sentimientos mentales causados por factores fisiológicos y sociales como el estrés, la ansiedad, la depresión y el terror, la música también puede mejorar la resistencia al estrés de las personas.(Tian, Ma, Tian, Xu, & Yao, 2013)

La música terapia se ha formado gradualmente sobre este conocimiento, un ambiente musical dulce puede mejorar el sistema nervioso de las personas, el sistema cardiovascular, el sistema endocrino y las funciones digestivas, como hacer que el cuerpo secrete alguna sustancia activa saludable, para así ajustar la velocidad del flujo sanguíneo en los vasos y la conducción nerviosa.(Sun et al., 2013)

2.4.1 Músico-terapia

Las personas en general, tienen una concepción errónea sobre el concepto de músico-terapia y medicina musical, según la “WorldFederation of MusicTherapy” define la músico-terapia como el uso profesional de la música y sus elementos como intervención en ambientes médicos, educativos y de la vida diaria con individuos, grupos, familias o comunidades, para optimizar la calidad de vida y mejorar la salud y el bienestar físico, social, intelectual y espiritual.(Lucía, 2017)

Músico-terapia es la utilización de la música y/o de los elementos (sonidos, ritmo melodía y armonía) por músico-terapeuta calificado.(Marcelo Miranda et al., 2017)

Los efectos de la músico-terapia sobre los seres humanos, los cuales pueden ser físicos, emocionales, cognitivos, espirituales y sociales, lo que ha hecho que se use para mejorar los trastornos de ansiedad, estrés, depresión y dolor en personas sin otras alteraciones de la salud y en aquellas que padecen afecciones orgánicas como algún tipo de cáncer o enfermedad, coronaria, así como en quienes se someterán a procedimientos quirúrgicos, métodos diagnósticos, intervenciones odontológicas o personas que se encuentran hospitalizadas.(Bradt, Dileo, & Potvin, 2013)

Según la literatura la músico-terapia puede clasificarse como:

- Músico-terapia receptiva: es un tipo de terapia en la cual el paciente permanece pasivo y se limita a escuchar música pregrabada, la cual generalmente la selecciona el terapeuta musical.
- Músico-terapia activa: en esta modalidad el paciente se debe involucrar activamente en la músico-terapia, lo cual se puede lograr mediante el uso de instrumentos musicales, improvisaciones con la voz, cantar y bailar.
- Músico-terapia combinada: consiste en una combinación de activa y receptiva.

2.4.2 El efecto de la música-terapia en electroencefalograma

Actualmente las terapias musicales no han individualizado el tipo de música necesaria para intervenir contra un síntoma, debido a que las diferentes personas tienen diferentes antecedentes educativos, culturales y su respuesta ante la música es diferente. El electroencefalograma mide las fluctuaciones de voltaje resultante de los flujos de corriente de las neuronas del cerebro, por lo tanto, el electroencefalograma es utilizado para estudiar la respuesta del cerebro ante varios indicadores para observar su nivel de salud.

Un estudio reciente demostró el uso de música-terapia en un grupo de 59 personas las cuales fueron sometidas a escuchar diferentes géneros como música ligera, jazz, rock, blues, durante el estudio se pudo apreciar como algunas ondas fueron activadas por la música y como estas activan ciertas partes del cerebro, ver Figura 32.(Sun et al., 2013)

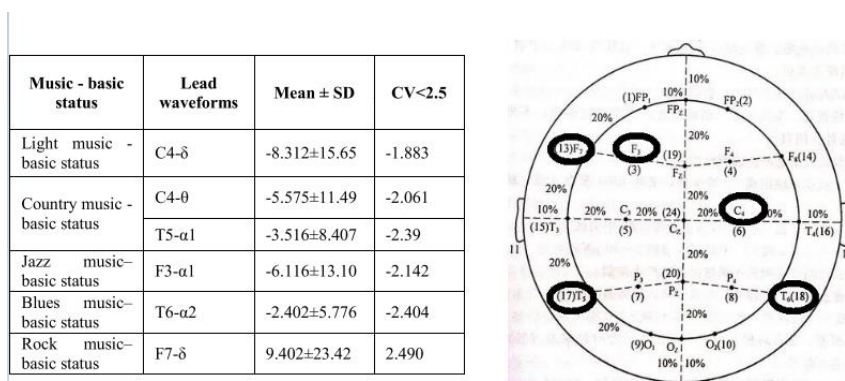


Figura 32 Actividad onda cerebral y los diferentes géneros musicales

Fuente: (Sun et al., 2013)

Como resultado de la investigación de todos los casos resultó que la música jazz, producía mayor actividad en las ondas cerebrales, con una influencia sobre las ondas alfa y gama, mientras que con otros géneros musicales no hubo mayor cambio, ver Figura 33.(Sun et al., 2013)

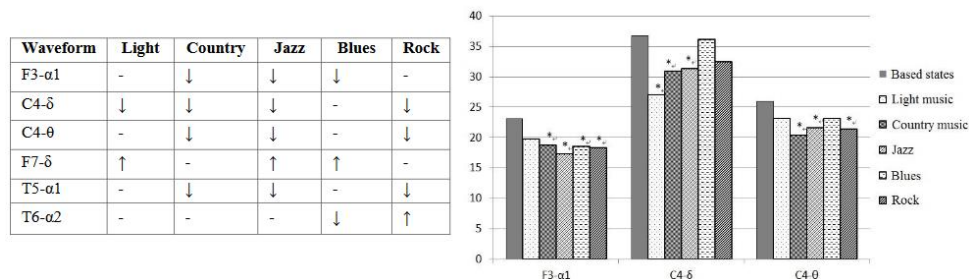


Figura 33 Intensidad según género musical

Fuente: (Sun et al., 2013)

2.5 ESTRÉS

El estrés humano es la reacción del cuerpo que necesita un ajuste, el cuerpo humano está diseñado de tal manera que puede experimentar estrés y reaccionar ante él. El estrés puede ser positivo, manteniendo a la persona alerta y lista para evitar el peligro, o como también el estrés puede ser negativo cuando la persona siente desequilibrios emocionales, mentales o físicos. (Chavan et al., 2016)

2.5.1 El conocimiento del estrés en el cerebro humano

Las ondas cerebrales son estudiadas e investigadas desde el siglo pasado para detectar los problemas psicofisiológicos, como la epilepsia, el Alzheimer, y otras enfermedades mentales. Sin embargo, el estrés es lo más común que se puede reconocer en una onda cerebral utilizando electroencefalogramas. Dentro de las ondas cerebrales, las ondas de mayor relevancia con respecto al estrés son las ondas alfa, beta y gama, conociendo que un incremento en la intensidad de la frecuencia de estas ondas demuestra un estado de pensamiento activo, o un estado alerta de la persona. (Chavan et al., 2016)

2.5.2 El estrés en estudiantes universitarios

El estrés es hoy en día, una problemática a la que se está prestando una atención creciente. Sin embargo, el estrés académico o estrés del estudiante no recibe la suficiente atención en el ámbito de la investigación.(Martín Monzón, 2017)

El estrés académico se define como una reacción de activación fisiológica, emocional, cognitiva y conductual ante estímulos y eventos académicos, cuya relación está ligada al género, edad, profesión y modos de afrontarlo.(García, 2012)

El estrés en estudiantes es una de las mayores causas de enfermedades tanto mentales, como físicas y el abandono de la universidad, varios estudios han sido realizados para determinar las fuentes generadoras de estrés denominados factores estresantes (Cabanach et al., 2016) entre ellos los factores más comunes son:

- 1) los relacionados a procesos de evaluación
- 2) los que acumulan o generan una sobrecarga de trabajo
- 3) condiciones del proceso de enseñanza-aprendizaje
- 4) relaciones sociales como profesor-estudiante, estudiante-estudiante.

La percepción de sobrecarga de trabajo por parte del estudiante representa un factor de vulnerabilidad ante el estrés, varios trabajos han demostrado cómo el incremento en los niveles de carga objetiva de trabajo académico correlacionaba con una mayor percepción de estrés, estados más elevados de ansiedad y un mayor número de problemas de salud auto-informados.

Adicionalmente, también se han encontrado correlaciones de magnitud moderada entre la percepción de sobrecarga y el uso de enfoques de aprendizaje superficiales.(Kember & Leung, 2006)

En cuanto a los factores potencialmente inductores de estrés académico, y a pesar de su indudable importancia, existe una menor evidencia empírica acumulada. Algunos trabajos indican que el curso o nivel de enseñanza, así como el tipo de titulación o estudios, representan factores que determinan diferencias cualitativas y cuantitativas en las experiencias subjetivas del estrés académico. (Miguel Díaz & Arias Blanco, 1999)

- | | | |
|--|---|--|
| 1. cuando me preguntan en clase | 23. las asignaturas que cursamos tienen escaso interés | 45. porque no tengo posibilidad alguna o muy escasa de dar mi opinión sobre la metodología de enseñanza de las materias del plan de estudios |
| 2. si tengo que hablar en voz alta en clase | 24. lo que estoy estudiando tiene una escasa utilidad futura | 46. porque no sé qué hacer para que se reconozca mi valía personal |
| 3. al salir a la pizarra | 25. las clases a las que asisto son poco prácticas | 47. porque las posibilidades de opinar sobre el procedimiento de evaluación de las asignaturas del plan de estudios son muy escasas o nulas |
| 4. al hacer una exposición o al hablar en público durante un cierto tiempo | 26. por no saber si mi ritmo de aprendizaje es el adecuado por el excesivo número de asignaturas que integran el plan de estudios de mi carrera | 48. porque no está en mi mano plantear los trabajos, tareas o actividades como me gustaria |
| 5. al hablar de los exámenes | 27. porque los resultados obtenidos en los exámenes no reflejan, en absoluto, mi trabajo anterior de preparación ni el esfuerzo desarrollado | 49. por los conflictos en las relaciones con otras personas (profesores, compañeros) |
| 6. cuando tengo exámenes | 28. porque los resultados obtenidos en los exámenes no reflejan, en absoluto, mi trabajo anterior de preparación ni el esfuerzo desarrollado | 50. por la excesiva competitividad existente en clase |
| 7. mientras preparo los exámenes | 29. por las demandas excesivas y variadas que se me hacen porque rindo claramente por debajo de mis conocimientos | 51. por la falta de apoyo de los profesores |
| 8. cuando se acercan las fechas de los exámenes | 30. por el escaso tiempo de que dispongo para estudiar adecuadamente las distintas materias | 52. por la falta de apoyo de los compañeros |
| 9. si tengo que exponer en público una opinión | 31. por el cumplimiento de los plazos o fechas determinadas de las tareas encomendadas | 53. por la ausencia de un buen ambiente en clase |
| 10. cuando el profesor da la clase de una manera determinada y luego nos examina de un modo poco coherente con esa forma de dar la clase | 32. por la excesiva cantidad de información que se me proporciona en clase, sin que se indique claramente lo fundamental | 54. por la existencia de favoritismos en clase |
| 11. cuando los profesores no se ponen de acuerdo entre ellos (manifiestan claras discrepancias entre ellos en temas académicos) | 33. por el excesivo tiempo que debo dedicarle a la realización de las actividades académicas | |
| 12. cuando no me queda claro cómo he de estudiar una materia | 34. porque no creo que pueda hacer frente a las exigencias de la carrera que estudio | |
| 13. cuando no tengo claro qué exigen en las distintas materias | 35. porque no dispongo de tiempo para dedicarme a las materias todo lo necesario | |
| 14. cuando los profesores plantean trabajos, actividades o tareas que no tienen mucho que ver entre sí (que son incongruentes) | 36. porque no creo que pueda lograr los objetivos propuestos | |
| 15. cuando el profesor no plantea de forma clara qué es lo que tenemos que hacer | 37. por la excesiva carga de trabajo que debo atender | |
| 16. cuando el profesor plantea trabajos, actividades o tareas que son contradictorios entre sí | 38. por el excesivo número de horas de clase diarias que tengo | |
| 17. cuando los distintos profesores esperan de nosotros cosas diferentes | 39. por el ritmo de trabajo o estudio que se nos exige | |
| 18. cuando el profesor espera de nosotros que sepamos cosas que no nos ha enseñado | 40. porque desconozco si mi progreso académico es adecuado | |
| 19. cuando el profesor da por hecho que tenemos conocimientos que en realidad no tenemos | 41. porque no sé cómo hacer bien las cosas | |
| 20. cuando el profesor plantea exámenes claramente incongruentes con lo estudiado/enseñado | 42. porque no sé qué hacer para que se reconozca mi esfuerzo y mi trabajo | |
| 21. cuando existe una clara falta de coherencia entre los contenidos de las distintas materias | 43. porque no tengo claro cómo conseguir que se valore mi dominio de las materias | |
| 22. las asignaturas que cursamos tienen poco que ver con mis expectativas | | |

Figura 34 Estresores académicos

Fuente: (Cabanach et al., 2016)

2.6 HARDWARE DEL PROTOTIPO

2.6.1 Emotiv EPOC+

Emotiv EPOC+ es un dispositivo electroencefalograma utilizado para investigación contextual, brinda diferentes características como la lectura de actividad cerebral en 14 canales.

El propósito del EPOC+ es el de realizar investigación y la comprensión del comportamiento de la actividad cerebral, basado en aplicaciones interface cerebro-computadora, el cual puede medir ondas alfa, beta, gamma, theta, gracias a sus electrodos situados en las partes del lóbulo frontal, temporal, centra, parietal y occipital.

La posición de los electrodos está basada en el sistema 10 y 20, cuyo propósito es el de diferenciar la distancia entre electrodos identificándolos por medio de números y letras como F, T, C, P y O, cuales referencian al lóbulo.

En su kit se puede encontrar, el casco EEG de 14 canales, un USB stick que da la función de receptor, cable de energía o conexión con el computador, un pequeño envase con solución multipropósito, y un estuche donde se sitúan las almohadillas que va en cada electrodo, algunos KIT también incluyen un CD dependiendo si se adquirió el software Emotiv PRO. Ver Figura 35

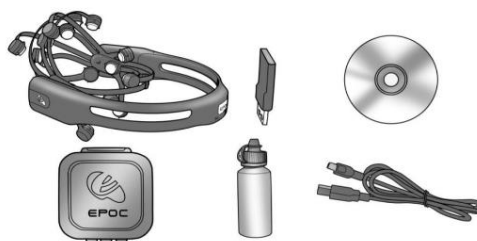


Figura 35 Kit EPOC+

Fuente: (Emotiv, n.d.)

A continuación, en la Tabla 8 se detallan las características del equipo Emotiv EPOC+

Tabla 8

Características de Emotiv EPOC+

Característica	Hardware/Software	Característica de la frecuencia
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)
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
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

Fuente: (Emotiv, 2019)

2.6.2 Google Home

Google Home, es una bocina inteligente fabricada por Google, responde al llamado del usuario a través de comandos de voz, su software está basado en el chatbot Google Assistant.

Permite al usuario diversos comandos como: consultar el clima, la hora, una búsqueda en específico, controlar música, videos, fotos o noticias. La bocina inteligente por comandos de voz permite automatizar parte del hogar, siendo un complemento de la domótica, el cual puede interactuar con otros dispositivos inteligentes como focos, switches, puertas, alarmas entre otros. (Google,2019).

Entre sus características más llamativas, se encuentra el poder controlar la red wi-fi de nuestro hogar, con la habilidad de desconectar o inhabilitar la red wi-fi de un dispositivo en específico, o reconocer la voz única de una persona permitiendo comandos que solo dicha persona podrá activar.

Actualmente, Google Home ha sido desarrollado para tres dispositivos Google Home una versión ya descontinuada, Google Home Mini una versión visualmente de menor tamaño y más portable, y Google Home Máx, dispositivo que presenta mejor calidad en audio y en reconocimiento de voz, ver Figura 36.

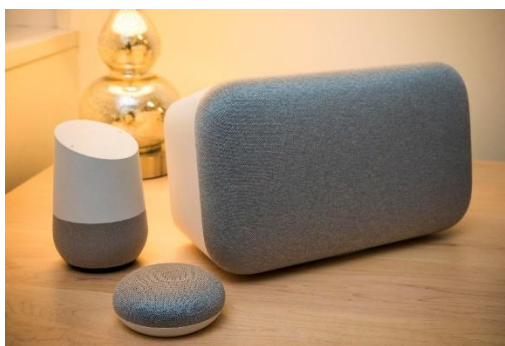


Figura 36 Google Home y sus versiones

Fuente:(Google., 2019)

Google Home Mini, es un dispositivo portable de igual calidad a su versión anterior, tiene un costo bastante asequible en cualquier mercado, ideal para tenerlo en una oficina, habitación o laboratorio, ver Figura 37.



Figura 37 Google Home Mini

Fuente:(Google., 2019)

El dispositivo está compuesto por dos capas, habilidosamente diseñado para contener el procesador, alejado del calor, contiene un micrófono de calidad media, y memoria EEPROM para reservar memoria de ciertos comandos, además de LEDs para indicar el estado del dispositivo, ver Figura 38.

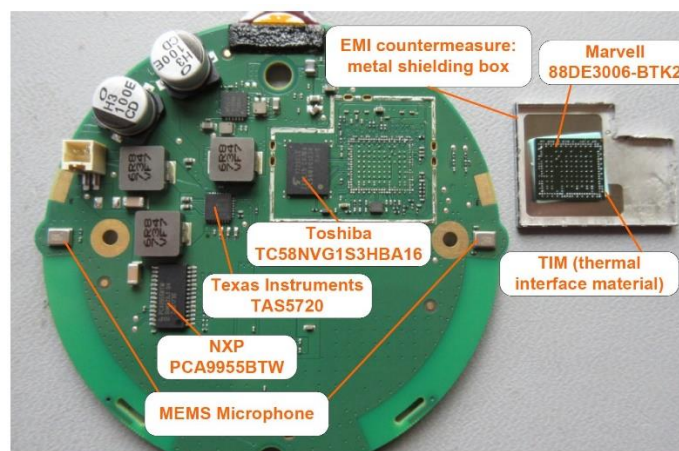


Figura 38 Google Home Mini estructura

Fuente:(Google., 2019)

2.7 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE

2.7.1 EmotivApp

Es una aplicación de servicios, que actúa como un instalador centralizado e interfaz de acceso para todas las aplicaciones EMOTIV y sus dispositivos. Esta aplicación maneja todas las interacciones con el dispositivo EMOTIV, incluyendo el manejo de licencias, la calidad de conexión del dispositivo y la autorización a aplicaciones de terceros.(EMOTIV, 2019)

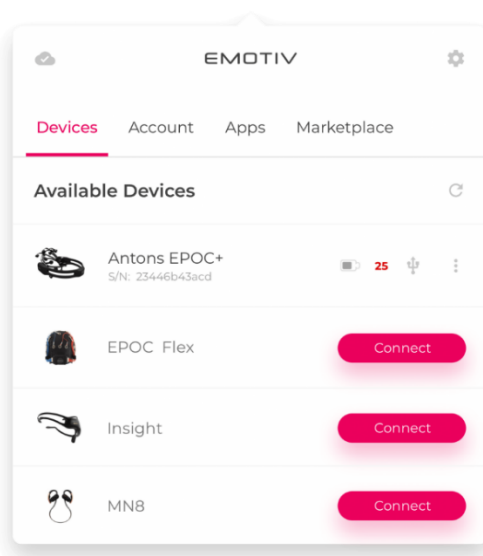


Figura 39 Software EmotivApp

(EMOTIV, 2019)

2.7.2 EmotivBCI

Las interfaces cerebro computadora (BCI), son sistemas que permiten el control de máquinas utilizando la actividad cerebral de forma directa, a diferencia de la utilización de periféricos tradicionales como el ratón, teclado, pantallas táctiles o comandos de voz. La tecnología EMOTIV convierte las ondas cerebrales en señales digitales que pueden ser utilizadas para el control de un sin número de salidas digitales tales como juegos, dispositivos IoT, dispositivos de comunicación y contenido audiovisual.(EMOTIV, 2019)

EmotivBCI es una aplicación de escritorio para Mac y Windows, que permite ver y entrenar datos generados por la tecnología EMOTIV a través de interfaces cerebro computadora.

Las funcionalidades que provee EmotivBCI son encontradas las siguientes:

- Comandos mentales: permite el control activo de pensamientos específicos que son entrenados por el sistema para reconocerlos, es posible entrenar hasta cuatro comandos por perfil de entrenamiento.
- Métricas de rendimiento: permite el control pasivo y continuo basado en el estado cognitivo en tiempo real, incluye medidas como concentración, excitación, interés, estrés y relajación, sin tener que entrenar algún perfil.
- Expresiones faciales: eventos que son activos al detectar expresiones faciales por el usuario, aunque el entrenamiento de perfiles no es necesario es recomendado para obtener resultados más fiables.
- Sensor de movimiento: captura el movimiento de la cabeza y lo traduce en datos basado en los ejes cardinales.

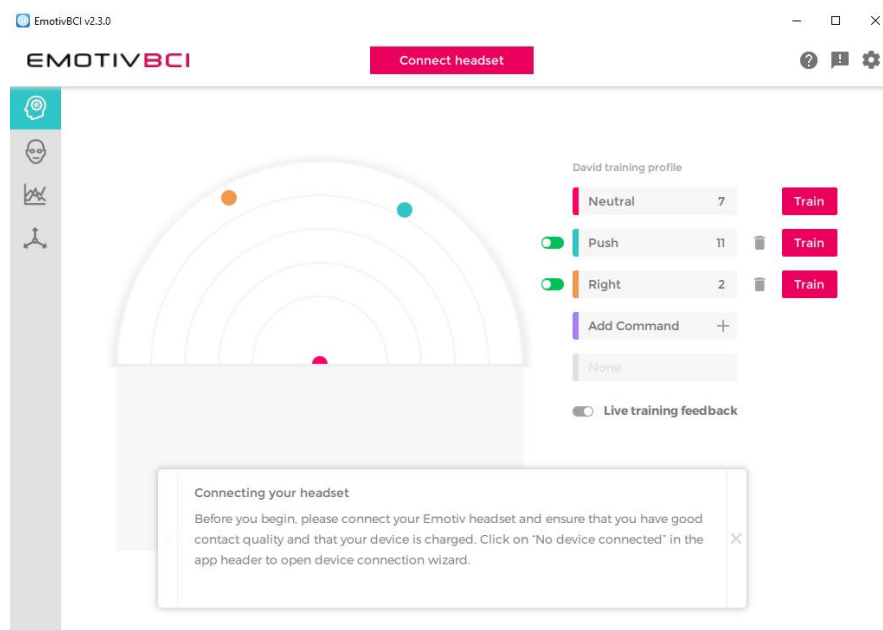


Figura 40 Software EmotivBCI

2.7.3 Node.js

Es un software multiplataforma escrito en JavaScript (ECMAScript), que busca proporcionar una solución óptima al construir sistemas de red escalables. Su funcionamiento se basa en realizar una conexión con el servidor a diferencia de esquemas tradicionales los cuales crean un nuevo hilo de procesos en el sistema operativo para cada conexión, por lo que ahorra bastante en RAM.(NodeJS, 2019)

Node ejecuta ECMAScript, JavaScript que se ejecuta del lado del servidor dando una gran versatilidad en sus usos como: crear una Api Restful, servidor de aplicaciones que relacionen periféricos, o dispositivos IoT, servidor de comunicación entre otros.(NodeJS, 2019)

2.7.4 Node-RED

Es una herramienta de programación basado en flujos para programación visual, provee un editor que funciona en un navegador web, trabaja en JavaScript, y puede ser utilizado para la interacción con diferentes dispositivos IoT o de comunicación.(Node-Red, 2019)

Los nodos creados en node-RED son archivos JSON, por lo que facilitan en gran parte su exportación e importación, entre editores o diferentes equipos, node-RED se ejecuta en Node.js y puede ser instalado en tan solo un comando.(Node-Red, 2019)

CAPÍTULO III

ANÁLISIS, ARQUITECTURA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO

3.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS IEEE-830

3.1.1 Introducción.

Esta sección establece características de los requerimientos y especificaciones del prototipo planteado, para ello se contó con la colaboración y asesoramiento de expertos en el campo de neuropsicología, psicología y educación, la siguiente documentación está basada en la norma IEEE Std. 830-1998.

3.1.2 Propósito.

El propósito de la documentación es el de proveer un documento que defina la especificación de requerimiento tanto funcionales como no funcionales necesarios para el desarrollo, teniendo en cuenta todos los factores tanto físicos, como de ambiente de programación.

3.1.3 Alcance.

La especificación de los requisitos tiene un alcance enfocado al asesoramiento de los expertos, y alineado al tema de titulación, las pruebas serán realizadas a un selecto grupo de estudiantes de primer nivel de tecnologías de la información quienes fungirán el rol de pacientes.

3.1.4 Perspectiva del producto.

El prototipo denominado “YDSYS” como un alias es un sistema el cual está basado en un entorno web, donde el hardware y software son compatibles y trabajarán de manera colectiva respondiendo a los requisitos tanto funcionales como no funcionales del sistema, las interfaces de usuario serán desarrolladas al principio para evitar confusiones al momento de navegar.

3.1.5 Interfaces del sistema.

La interfaz del sistema está dada por el lienzo que nos proporciona Node-RED, a modo de ser una programación orientada a flujos, cada sección del prototipo está dividida con sus respectivos comentarios tanto de la funcionalidad como del código.

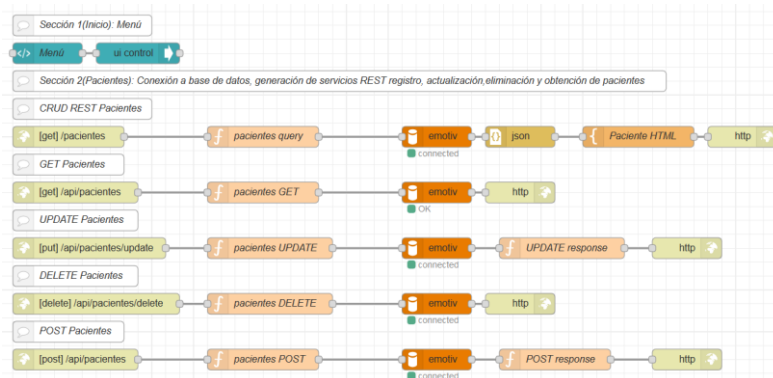


Figura 41 Lienzo de programación por flujos Node-RED

3.1.6 Interfaces del Usuario.

El usuario será bienvenido por un menú, horizontal y vertical para facilitar la navegación como se puede ver en la Figura 41, en el menú horizontal tendrá acceso a las principales características las cuales son gestión, monitoreo, reportaría y manual, en la cual gestión contendrá la creación de pacientes y la lista de pistas musicales, mientras que el menú vertical contiene accesos rápidos a todas estas características.

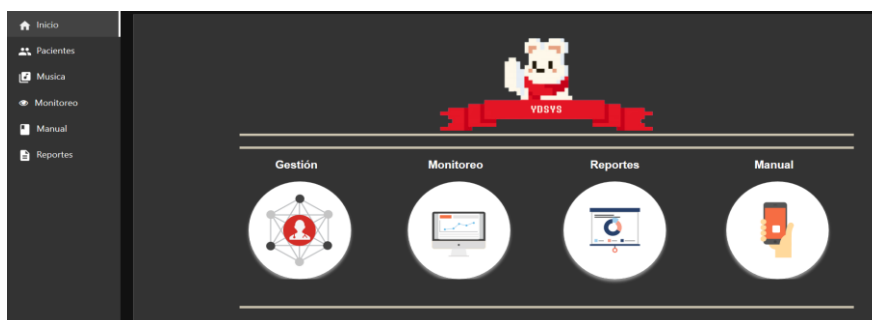


Figura 42 Menú de navegación

La primera opción “Gestión” que contiene a “Pacientes” y “Música”, contiene el CRUD de ambos temas, el usuario podrá registrar, modificar, eliminar y ver en una tabla que puede filtrar por texto, a los diferentes pacientes o música que puede ser registrada por un URL que termine en extensiones mime type audio.

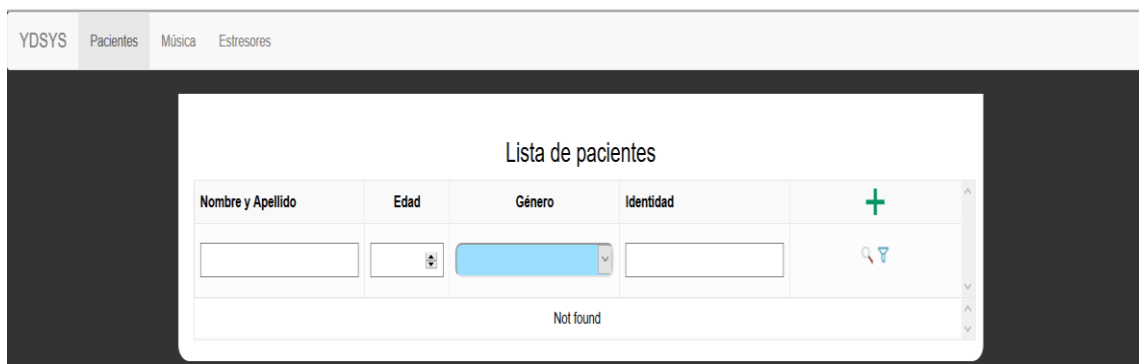


Figura 43 CRUD Pacientes

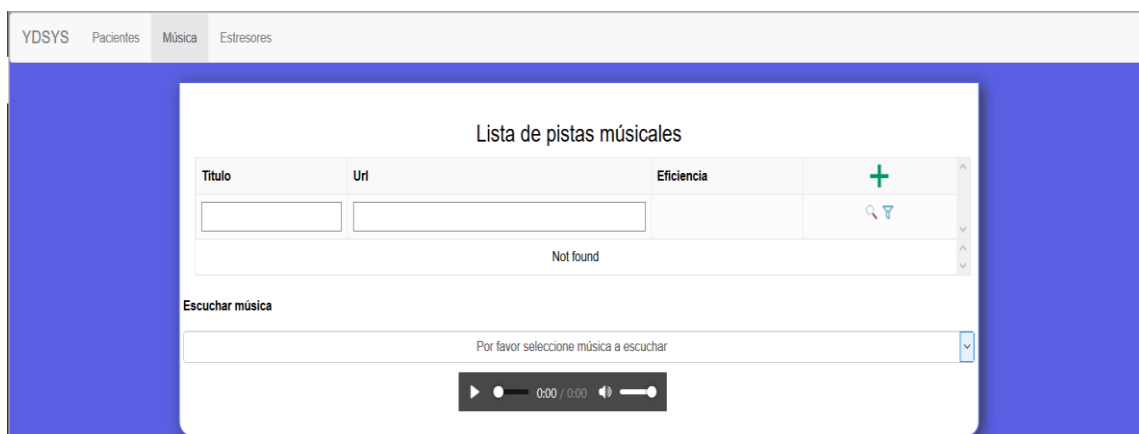


Figura 44 CRUD Música

La opción “Monitoreo” permite al usuario visualizar la actividad de las diferentes ondas alfa, beta, teta y gama, como también visualizar el nivel de estrés mientras que selecciona el paciente y la pista musical a ser utilizada, cabe mencionar que si no existe un paciente o no es seleccionado se hará uso del perfil “Invitado”.



Figura 45 Pantalla monitoreo

La opción “Reportes” permite al usuario generar el reporte de un paciente después de una terapia, donde podrá visualizar los cambios en las ondas y si hubo reducción de estrés post aplicada la terapia.



Figura 46 Pantalla reportes

La opción “Manual” permite al usuario tener un manual comprensivo de la instalación, configuración y funcionamiento del prototipo en sí.

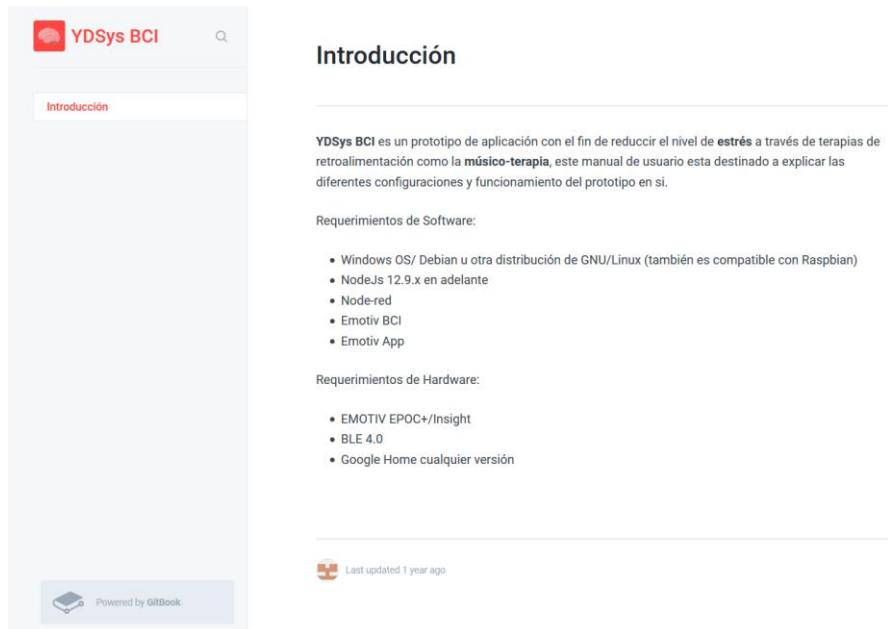


Figura 47 Pantalla manual

3.1.7 Interfaces de hardware.

En las interfaces de ‘Hardware’ podemos encontrar tres principales herramientas dado que estas herramientas son necesarias para la interacción con el prototipo y son dispositivos físicos, intervienen en la funcionalidad del prototipo, como también el hardware provee de su propio software para la correcta configuración.

El primer elemento es el dispositivo electroencefalograma Emotiv Epoc+, el cual debe ser configurado a través de BLE (Bluetooth low-energy) véase la Figura 48, a una computadora en este caso será la misma computadora donde reside el servidor web (NodeJs), para ello se necesita contar con las siguientes características de hardware:

- MEMORIA RAM 8GB
- PROCESADOR: i7 9900k (2.5 GhZ)
- TARJETA DE RED
- BLE 4.0

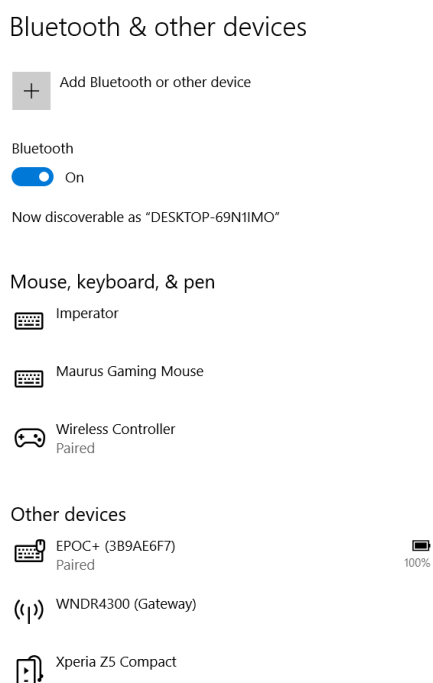


Figura 48 Emparejamiento Bluetooth Emotiv Epoc+

Como último elemento de ‘Hardware’, se cuenta con el dispositivo Google Home Mini, el cual deberá estar configurado en la misma red donde reside el servidor web para la interacción, este dispositivo nos permitirá reproducir música, como también controlarlo por comandos de voz.

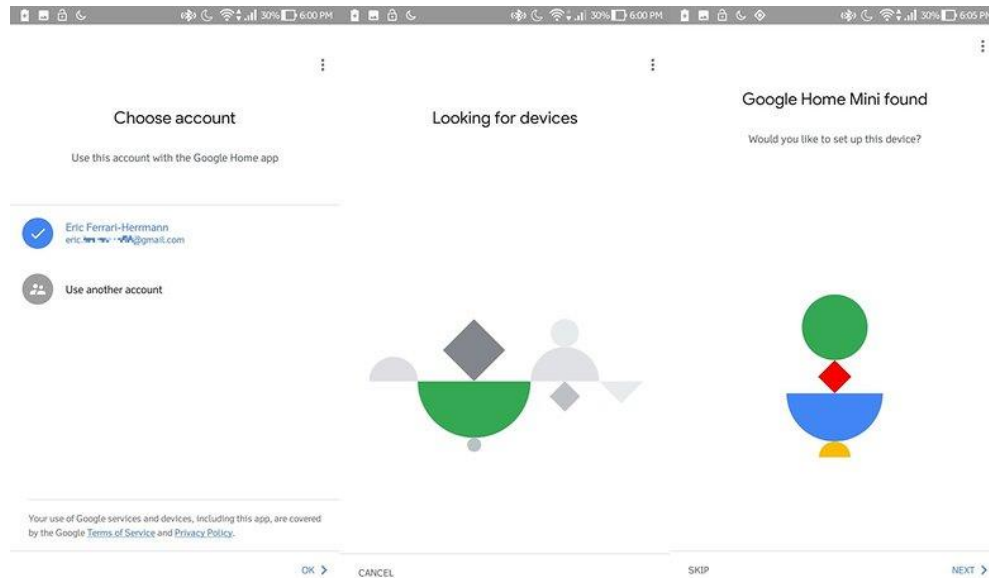


Figura 49 Google Home App configuración

3.1.8 Interfaces de software.

La interfaz de ‘Software’ se entiende como todo aquel intangible que permite el funcionamiento del prototipo, de los cuales se encuentra los siguientes:

- Apache 2.4.29
- MySQL 10.1.28
- PhpMyAdmin 4.7.4
- XAMPP Control Panel 3.2.2
- NodeJs v8.11.4
- Node-RED v1.0.3
- EMOTIV App v2.3.212.83
- EmotivBCI v2.3.83
- Google Home App v4.5.3

3.1.9 Operaciones.

Es necesario contar con conexión a internet, el prototipo es accesible para cualquier tipo de navegador web, también es necesario contar con el dispositivo Epoc+ previamente configurado antes de inicializar el prototipo para evitar cualquier tipo de conflicto, también es necesario inicializar la base de datos o el stack XAMPP.

3.1.10 Funcionalidad del producto.

La funcionalidad está compuesta por cuatro características principales las cuales pueden ser visualizados en el siguiente diagrama de caso, el cual será explorado a fondo en las siguientes secciones.

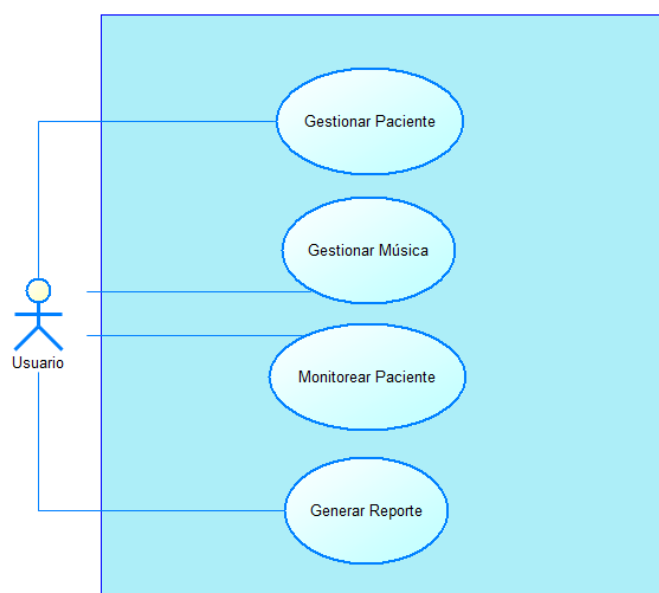


Figura 50 Diagrama de casos de uso

3.1.11 Actores

Tabla 9

Lista de actores del prototipo

ACT-001	Usuario
Descripción	Persona encargada del uso del sistema, tiene la opción de registrar, modificar, eliminar datos de pacientes, música y la opción de monitorear la terapia durante su funcionamiento.
Comentarios	

3.1.12 Clasificación de requerimientos funcionales.

Tabla 10

Lista de requerimientos funcionales

LISTA DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES			
CÓDIGO	DESCRIPCION DEL REQUERIMIENTO	CASO DE USO	ACTOR
RQF-001.1	El sistema debe permitir el registro de la información del paciente	Registrar paciente	Usuario
RQF-001.2	El sistema debe permitir la visualización de la información del paciente	Visualizar paciente	Usuario
RQF-001.3	El sistema debe permitir actualizar los datos de los pacientes	Modificar paciente	Usuario
RQF-001.4	El sistema debe permitir eliminar los datos del paciente	Eliminar paciente	Usuario
RQF-002.1	El sistema debe permitir el registro de música	Registrar música	Usuario
RQF-002.2	El sistema debe permitir escuchar la música	Escuchar música	Usuario



CONTINÚA

RQF-002.3	El sistema debe permitir la modificación de la música	Modificar música	Usuario
RQF-002.4	El sistema debe permitir la eliminación de la música	Eliminar música	Usuario
RQF-003.1	El sistema debe permitir monitorear las ondas alfa,teta,beta,gama y el nivel de estrés	Monitorear Paciente	Usuario
RQF-004.1	El sistema debe generar reportes de la terapia	Generar Reporte	Usuario

3.1.13 Clasificación de requerimientos no funcionales.

Tabla 11

Lista de requerimientos no funcionales

LISTA DE REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES		
CÓDIGO	NOMBRE DE REQUERIMIENTO	DESCRIPCION
RNF-001	Plataforma Open-Source	El prototipo debe ser desarrollado en una plataforma Open-Source
RNF-002	Uso de Base de Datos	El prototipo debe contar con una base de datos
RNF-003	Búsqueda de pacientes	Se realizará la búsqueda de pacientes por nombre
RNF-004	Manual de usuario	Se añadirá un manual usuario que contenga todo lo relacionado al prototipo
RNF-005	Gráficas en monitoreo	Se realizará gráficas que permitan una mejor visualización durante el monitoreo
RNF-006	Escuchar música	Permitirá escuchar la música que ha sido ingresada

3.1.14 Especificación de casos de uso

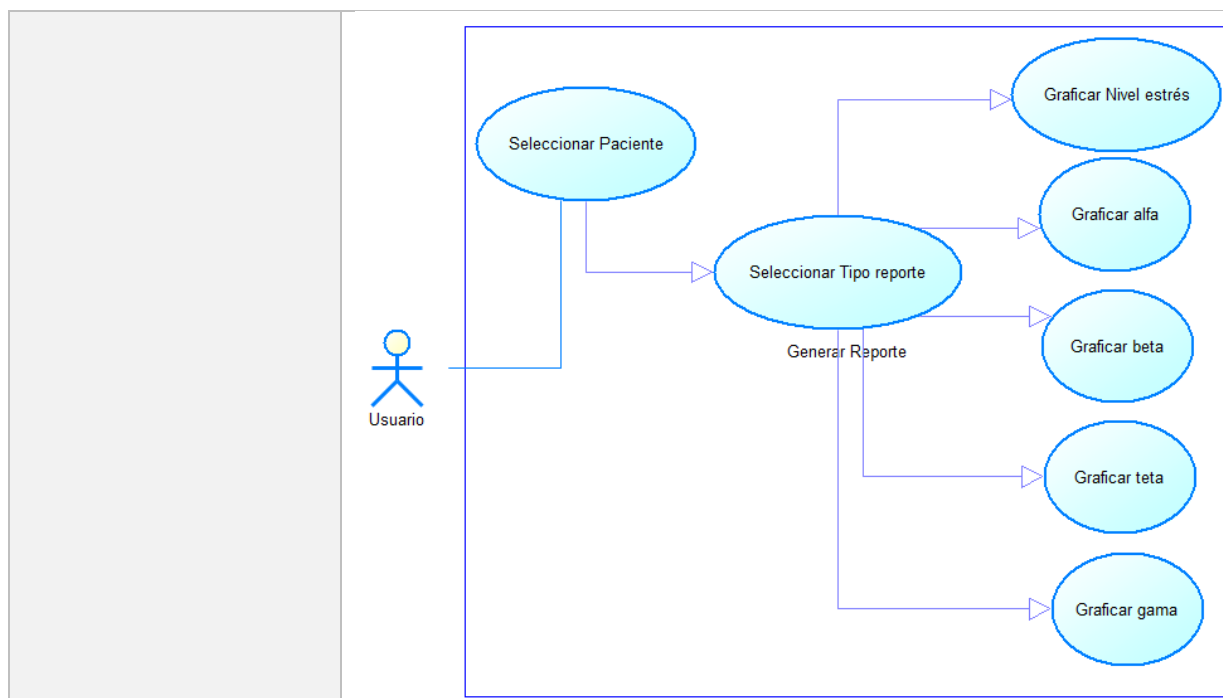
Nombre Caso de Uso:	Gestionar Paciente		
Identificador	RQF001		
Descripción	Permite al usuario gestionar la información de los pacientes incluido: nombre, edad, género, e identificación.		
Meta	Permitir al usuario gestionar pacientes		
Estado:	Activo	Versión:	1.0
Autor:	David Llerena		
Fecha creación	05/09/2019	Fecha modificación	
Pre condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El prototipo debe tener inicializada la base de datos 2. El flujo Node-RED debe estar inicializado 		
Post condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema permitirá al usuario listar, modificar o anular a los pacientes existentes 		
CASE	<pre> graph TD Usuario((Usuario)) subgraph Sistema RegistrarPaciente(Registrar Paciente) ModificarPaciente(Modificar Paciente) EliminarPaciente(Eliminar Paciente) VisualizarPacientes(Visualizar Pacientes) end Usuario --> GestionarPaciente GestionarPaciente --> RegistrarPaciente GestionarPaciente --> ModificarPaciente GestionarPaciente --> EliminarPaciente Usuario --> VisualizarPacientes </pre>		
Flujo			
Actor		Sistema	
1. El usuario selecciona la opción del menú “Gestión” o “Pacientes” en el menú vertical		2. El sistema listara todos los pacientes existentes en una tabla, y permitirá agregar, modificar, eliminar dichos pacientes, en la base de datos.	
Flujo Alternativo			
El usuario no tiene una base de datos, por lo tanto no hay persistencia en los datos.			
Casos de uso incluidos:			
Casos de uso extendidos:			

Nombre Caso de Uso:	Gestionar Música		
Identificador	RQF002		
Descripción	Permite al usuario gestionar pistas musicales incluido: URL donde reside la música en la web debe ser mime type audio, nombre y eficiencia		
Meta	Permitir al usuario gestionar pistas musicales		
Estado:	Activo	Versión:	1.0
Autor:	David Llerena		
Fecha creación	20/09/2019	Fecha modificación	
Pre condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El prototipo debe tener inicializada la base de datos 2. El flujo Node-RED debe estar inicializado 		
Post condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema permitirá al usuario listar, modificar o anular pistas musicales 		
CASE	<pre> graph TD Usuario((Usuario)) subgraph Sistema GM((Gestionar Música)) VM((Visualizar Pistas musicales)) RM((Registrar Música)) MM((Modificar Música)) EM((Eliminar Música)) end Usuario --- GM Usuario --- VM GM --- RM GM --- MM GM --- EM VM --- GM </pre>		
Flujo			
Actor	Sistema		
1. El usuario selecciona la opción del menú “Gestión” o “Música” en el menú vertical	2. El sistema listara todas las pistas musicales disponibles en una tabla, como también el poder agregar, modificar o eliminar en la base de datos.		
Flujo Alternativo			
El usuario no tiene una base de datos, por lo tanto, no hay persistencia en los datos. La pista musical que fue ingresada no termina con una extensión de audio valida (.mp3, .gpp, .ova)			
Casos de uso incluidos:			
Casos de uso extendidos:			

Nombre Caso de Uso:	Monitorear Paciente		
Identificador	RQF003		
Descripción	Permite al usuario monitorear la actividad cerebral del paciente mostrando de manera gráfica las ondas cerebrales alfa,beta,teta,gama y el nivel de estrés gestionar		
Meta	Permitir al usuario monitorear la actividad cerebral del paciente		
Estado:	Activo	Versión:	1.0
Autor:	David Llerena		
Fecha creación	25/11/2019	Fecha modificación	
Pre condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El prototipo debe tener inicializada la base de datos 2. El flujo Node-RED debe estar inicializado 3. El dispositivo Epoc+ debe estar configurado 		
Post condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema permitirá al usuario visualizar la actividad cerebral del usuario 		
CASE	<pre> graph LR Usuario((Usuario)) subgraph Sistema SP(Seleccionar Paciente) SPM(Seleccionar Pista musical) IT(Iniciar Terapia) MP(Monitorear Paciente) AMT(Aplicar musico-terapia) GA(Graficar alfa) GB(Graficar beta) GT(Graficar teta) GG(Graficar gama) end Usuario --- SP Usuario --- SPM SP --> IT SPM --> IT IT --> MP MP --> AMT MP --> GA MP --> GB MP --> GT MP --> GG </pre>		
Flujo			
Actor	Sistema		
<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción del menú “Monitorear”. 3. El usuario selecciona el paciente 5. El usuario selecciona la pista musical 7. El usuario inicia la terapia 	<ol style="list-style-type: none"> 2. El sistema muestra la pantalla de monitoreo donde a primera vista se visualiza los selectores de paciente y música. 4. El sistema obtiene y guarda el id del paciente al ser seleccionado 		

9. El usuario visualiza el comportamiento del estrés y de las ondas y emite su criterio.	6. El sistema obtiene y guarda el URL de la pista musical a ser reproducida 8. El sistema mide el nivel de estrés, y gráfica las ondas alfa,beta,teta, gama y el estrés en una barra, después del tiempo definido para la terapia se activa la musico-terapia, todos estos datos son almacenados
Flujo Alternativo	
Si no es seleccionado un usuario, el perfil invitado será el seleccionado. No fue seleccionada una pista musical por ende no se activa la música-terapia El dispositivo Epoc+ no fue correctamente configurado.	
Casos de uso incluidos:	
Casos de uso extendidos:	

Nombre Caso de Uso:	Generar Reporte		
Identificador	RQF004		
Descripción	Permite al usuario generar el reporte de una terapia		
Meta	Permitir al usuario generar el reporte de una terapia		
Estado:	Activo	Versión:	1.0
Autor:	David Llerena		
Fecha creación	25/11/2019	Fecha modificación	
Pre condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El prototipo debe tener inicializada la base de datos 2. El flujo Node-RED debe estar inicializado 3. Debe tener al menos una terapia registrada 		
Post condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema permitirá al usuario generar un reporte de la terapia aplicada para emitir su conclusión 		
CASE			

**Flujo**

Actor	Sistema
1. El usuario selecciona la opción del menú “Reportes”. 3. El usuario selecciona el paciente 5. El usuario selecciona el tipo de reporte 7. El usuario visualiza el comportamiento del estrés y de las ondas antes y después de la terapia para luego emitir su criterio.	2. El sistema muestra la pantalla de reportes donde a primera vista se visualiza el selector de paciente y de tipo de reporte 4. El sistema obtiene y guarda el id del paciente 6. El sistema obtiene los datos de la base de datos según el tipo de reporte, si es temporal obtiene de la base de datos temporal, si es histórico obtiene de la base de datos ondas

Flujo Alternativo

Si no es seleccionado un usuario, el perfil invitado será el seleccionado.

Si no cuenta con datos de una terapia registrada no se visualizarán las gráficas.

Casos de uso incluidos:**Casos de uso extendidos:****3.1.15 Modelo de la Base de Datos**

La base de datos de tipo relacional almacenará datos relacionados al de los pacientes, ondas y la música a ser aplicada, para ello se describen los siguientes modelos de la base de datos conceptual, lógico y físico.

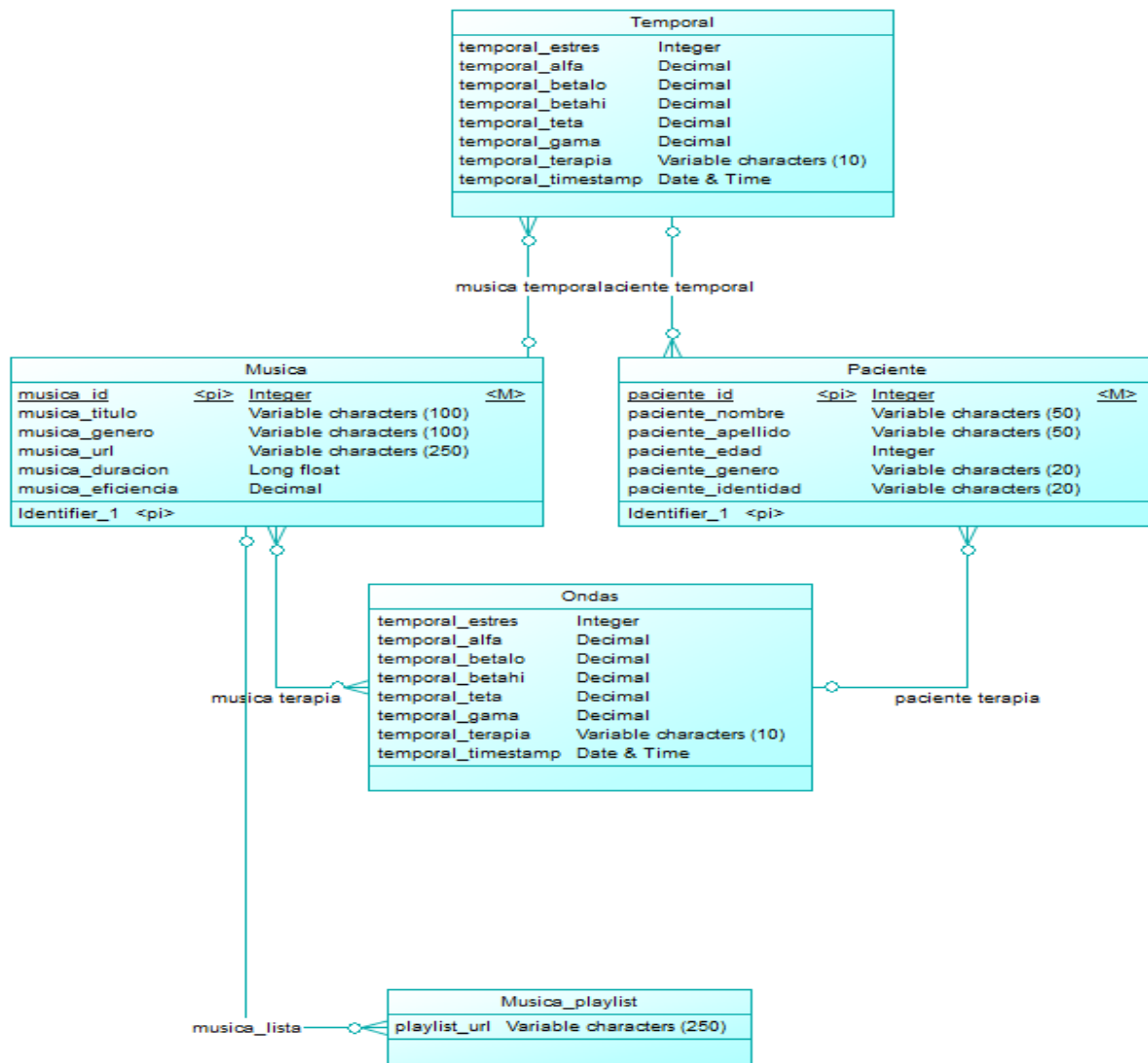


Figura 51 Modelo conceptual

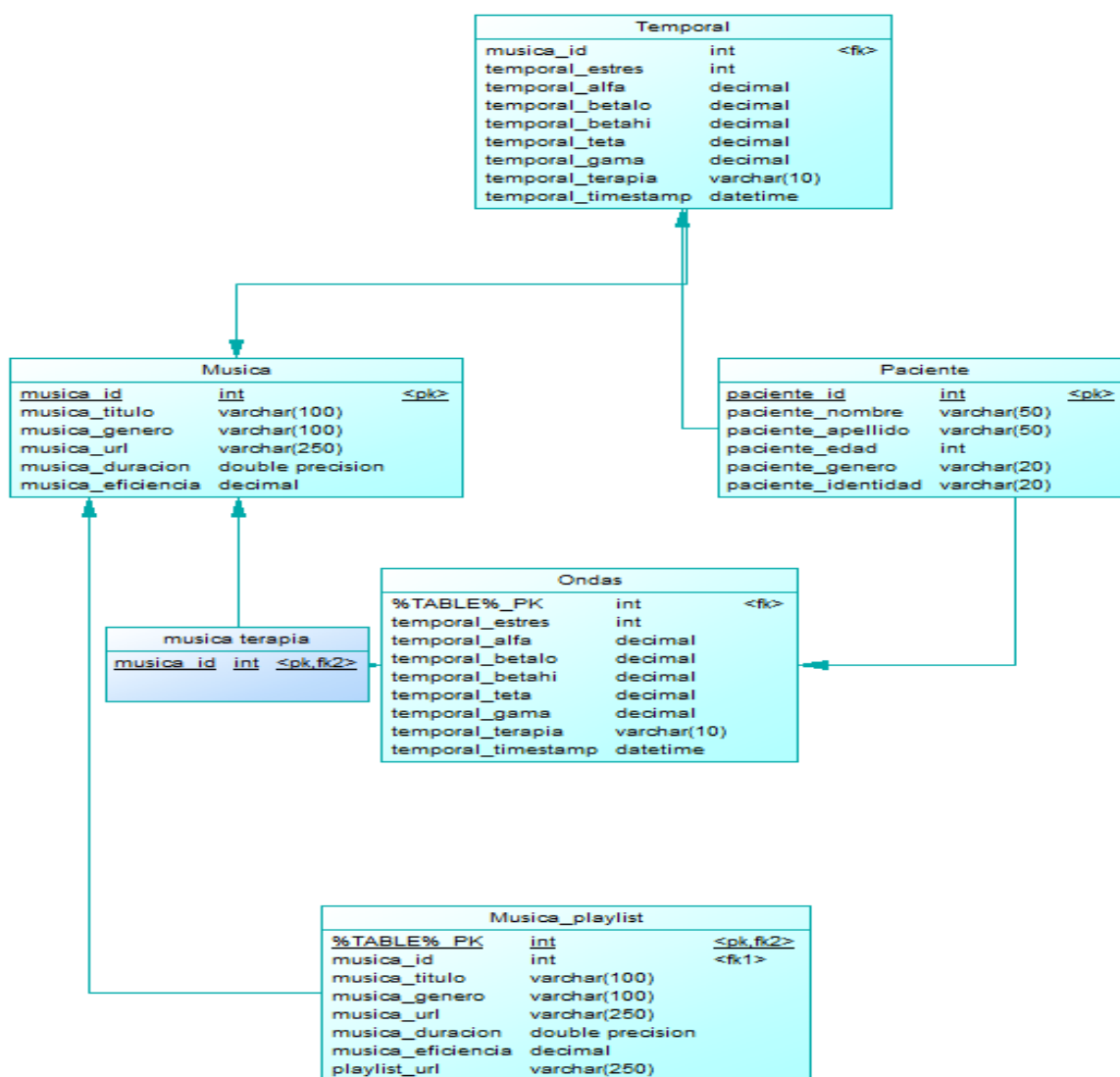


Figura 52 Modelo lógico

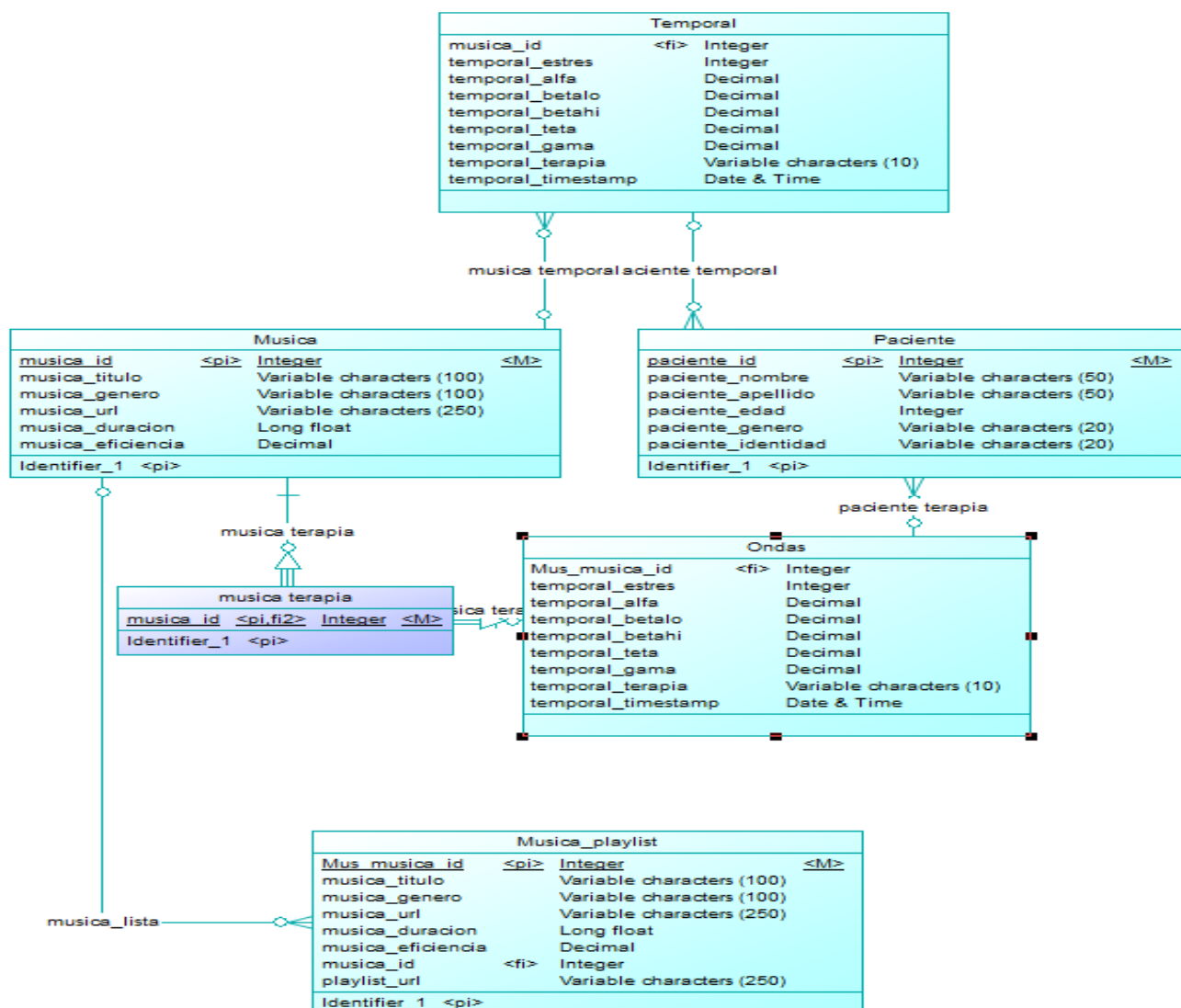


Figura 53 Modelo físico

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN

4.1 Interfaces finales de usuario

Al terminar la etapa de licitación de requisitos, el desarrollo del prototipo y la retroalimentación y asesoramiento de los expertos se definió las pantallas que se visualizaran en el sistema según su funcionamiento, a continuación, se explica cada pantalla y el procedimiento que sigue.

El menú principal, contiene el menú de acceso rápido y principal, el cual contiene todas las opciones de navegación del prototipo.

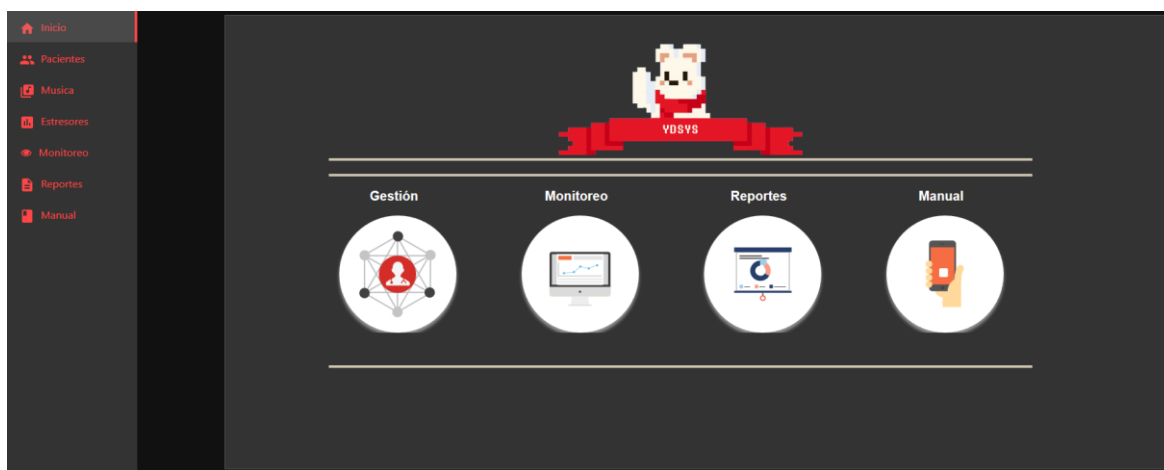


Figura 54 Menú Principal (Final)

En las opciones de Pacientes y Música, presentan una tabla para las funciones CRUD, con validaciones básicas de números, o tamaño de la cadena de texto, además de una función que valida caracteres especiales para evitar inyecciones SQL en el ingreso del URL de la pista musical, el campo eficiencia no puede ser ingresado manualmente por el usuario, será calculado al finalizar la terapia aplicando la pista musical.

Lista de pistas musicales

Título	Género	Url	Eficiencia	+
				🔍 🗑️
Rock and rolls	Rock	http://www.panacherock.com/downloads/mp3/01_Sayso.mp3	1.1123	✏️ 🗑️
Bicycle Race	Rock	http://hcmastov.d-real.sci-nnov.ru/public/mp3/Queen/Queen%20%27Bicycle%20Race%27.mp3	1.1124	✏️ 🗑️
Brighton	Rock	http://hcmastov.d-real.sci-nnov.ru/public/mp3/Queen/Queen%20%27Brighton%20Rock%27.mp3	0.75464	✏️ 🗑️
CoolCat	Jazz	http://hcmastov.d-real.sci-nnov.ru/public/mp3/Queen/Queen%20%27Cool%20Cat%27.mp3	4.032423	✏️ 🗑️

Escuchar música

Por favor seleccione música a escuchar

▶ ● 0:00 / 0:00 🔊


Figura 55 Ventana pistas musicales

En la opción Estresores, se presenta un formulario generado en Google Form, cuyas preguntas y respuestas fueron guiadas por el asesoramiento de un experto en el campo de neuropsicología, dichas preguntas basadas en la escala de estresores académicos fueron seleccionados para determinar si hay presencia de estrés en el estudiante, este dato se obtiene de un resultado numérico calificado del 1 al 5, siendo 1 el menor valor y 5 el máximo, además de pregunta opcional, se pregunta al estudiante si tiene algún tipo de género musical que le produce relajación al momento de realizar sus actividades.

YDSYS BCI

Encuesta para la determinación de estrés en estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

* Required



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Importante

El proyecto de titulación con nombre: Prototipo de una aplicación para la medición de estrés aplicando música-terapia a estudiantes de Ingeniería en Sistemas e Informática de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE busca ser una herramienta que permita reducir el estrés a través del monitoreo de ondas cerebrales y la aplicación de música-terapia, por ende, se hará uso de un dispositivo electroencefalograma no invasivo para la medición de dichas ondas.

Aunque el dispositivo este catalogado como un dispositivo no invasivo, tanto el tutor como el testista no se responsabilizan por efectos secundarios que este pueda provocar.

Si el estudiante llena la siguiente encuesta, queda entendido que se cuenta con el permiso de la persona y que esta desea ser sometida a la terapia en caso de presentar estrés.

Figura 56 Formulario para la determinación de estrés

En la opción Monitoreo se presenta la mayor funcionalidad del sistema donde el usuario, selecciona el paciente previamente registrado a recibir terapia, además de la pista musical que será aplicada en la segunda fase, mientras que en la primera fase donde inicia el monitoreo y almacenamiento de ondas y nivel de estrés para determinar si existe la presencia de estrés por encima del umbral establecido cuyo valor recomendado es de 45, la segunda fase entrara en acción después de un tiempo asignado por el usuario normalmente la cantidad de tiempo recomendado para iniciar la segunda fase es de 30 minutos de terapia.

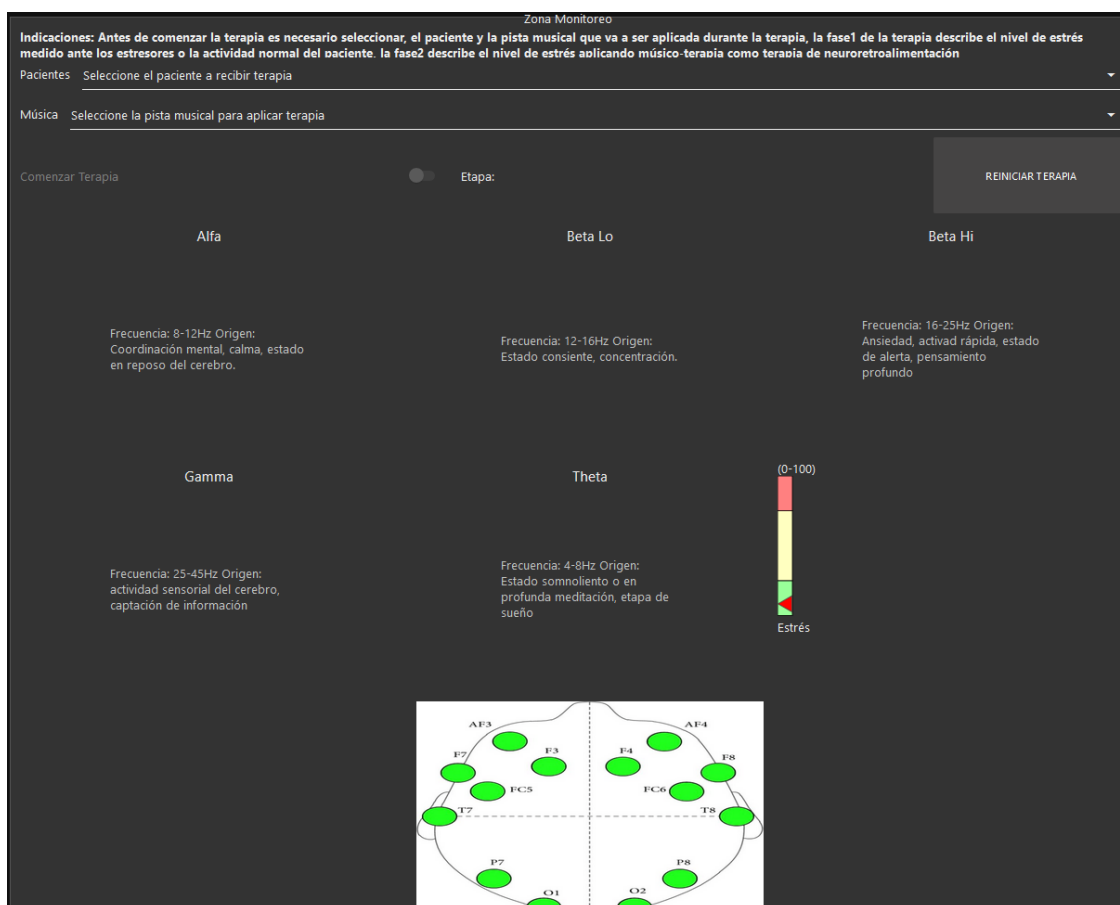


Figura 57 Ventana monitoreo

La opción Reportes presenta tres tipos de reportes general, histórico y temporal. El reporte general muestra datos acerca de las pistas musicales y géneros de mayor eficiencia como también de menor, al momento de tratar de reducir el estrés como también datos relacionados al nivel de estrés por género y edad.

El reporte histórico presenta los datos ligados a un paciente y una pista musical en específico durante el proceso de diferentes terapias, mostrando la actividad de las ondas y el estrés.

El reporte temporal presenta los datos ligados a un paciente y una pista musical en específico durante el proceso in situ, mostrando las ondas cerebrales y el nivel de estrés recientes después de haber aplicado una sola terapia.



Figura 58 Ventana de reportes

La última opción en el prototipo es la del manual el cual contiene todo lo relacionado al prototipo en sí, sea procesos de instalación de herramientas, esquema y creación de la base de datos, configuración de los dispositivos de hardware, posibles problemas y sus soluciones, es tanto un manual de usuario como un manual técnico que puede ser accedido vía web, o en un dispositivo smartphone.

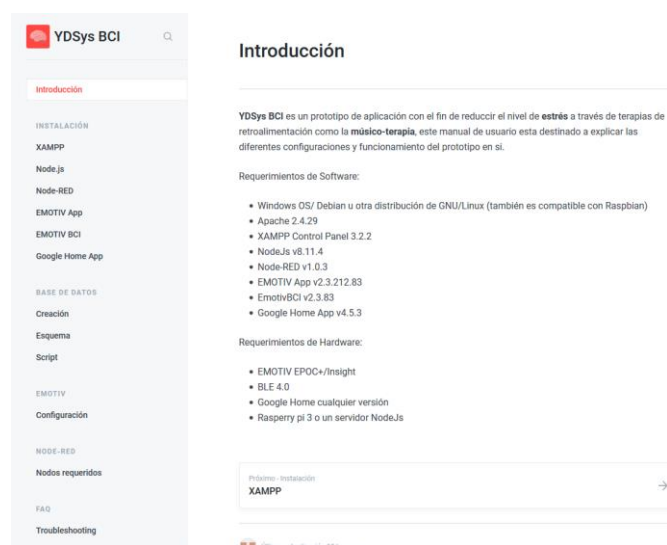


Figura 59 Ventana manual

4.2 Evaluación y pruebas con usuarios

Para la validación del prototipo, se seleccionó una muestra de 274 estudiantes pertenecientes a la carrera de Tecnologías de la Información (Sistemas e Informática), a los cuales se les fue proporcionada una encuesta conformada por 15 preguntas cerradas y dos abiertas, la elaboración de las preguntas fueron basadas en la escala de estresores académicos (Cabanach et al., 2016) y al asesoramiento de expertos en el campo de psicología y educación.

Para la selección de potenciales candidatos a ser sometidos al prototipo, se fijó una calificación mínima de 40 puntos producto de la escala cualitativa y cuantitativa de la Tabla 12, si el usuario cumple una calificación mayor o igual al umbral, se lo considerará como un potencial candidato con presencia de estrés alta.

Tabla 12

Escala cualitativa y cuantitativa sobre la encuesta de estresores académicos

Escala cualitativa	Escala cuantitativa
Nada	1
Un poco	2
Moderadamente	3
Bastante	4
Mucho	5

Para la obtención de los candidatos se calculó la siguiente muestra:

$$n = \frac{N * k^2 * p * q}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

N: Tamaño de la población (274 estudiantes)

p: Individuos de la población que califican por encima o igual al umbral (0.5)

q: Individuos de la población que no califican por encima o igual al umbral (1-p)

k: Constante dependiente del nivel de confianza (1,44 = 85%)

e: Error muestral (10%)

$$n = \frac{274 * 1.44^2 * 0.5 * 0.5}{(0.10^2 * (274 - 1)) + 1.44^2 * 0.5 * 0.5} = 44$$

Género

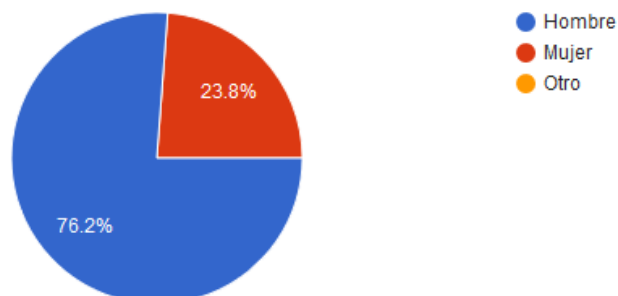


Figura 60 Género de los encuestados

¿Me da inquietud, al tener que pasar a la pizarra?

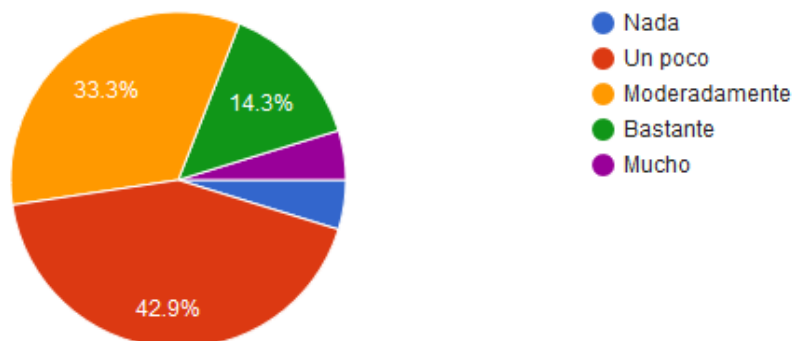


Figura 61 Estadísticas obtenidas en la pregunta 1

¿Me da nervios el tener que, realizar una exposición o al hablar en público durante cierto tiempo?

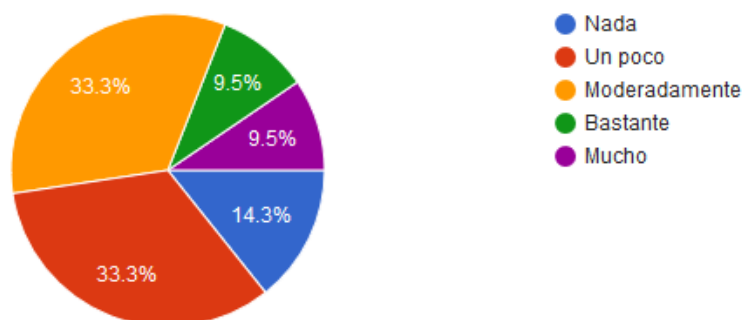


Figura 62 Estadísticas obtenidas en la pregunta 2

¿Me siento incomodo al tener que hablar de los resultados de los exámenes?

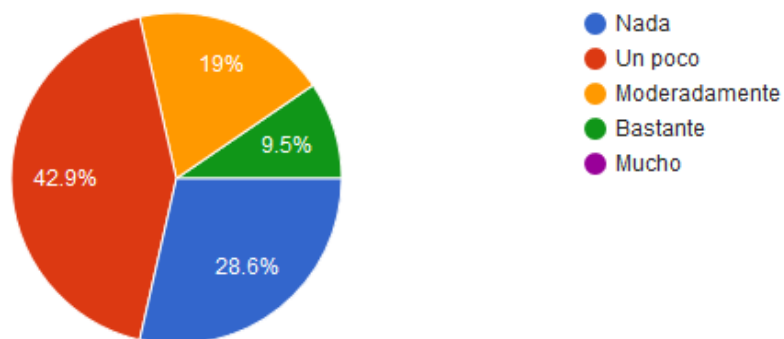


Figura 63 Estadísticas obtenidas en la pregunta 3

¿Me siento mal, o me siento desconcentrado cuando estoy en semana de exámenes, o las fechas de los exámenes están cerca?

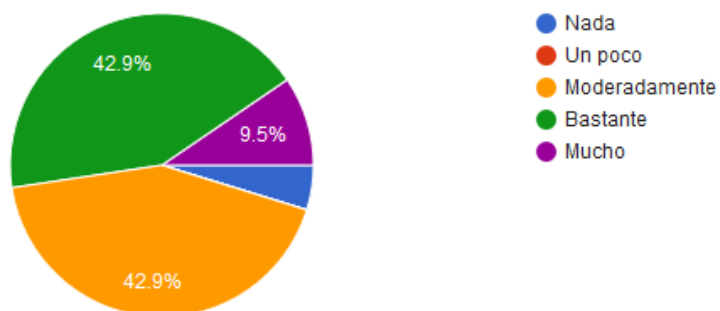


Figura 64 Estadísticas obtenidas en la pregunta 4

¿Cuándo el profesor me pregunta en clases, me siento nervioso?

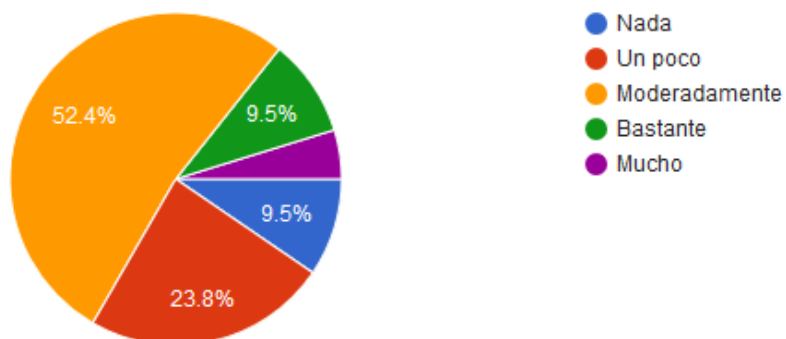


Figura 65 Estadísticas obtenidas en la pregunta 5

¿Me siento exhausto cuando los profesores no están de acuerdo entre ellos (discrepancias entre ellos en temas académicos o de silabus)

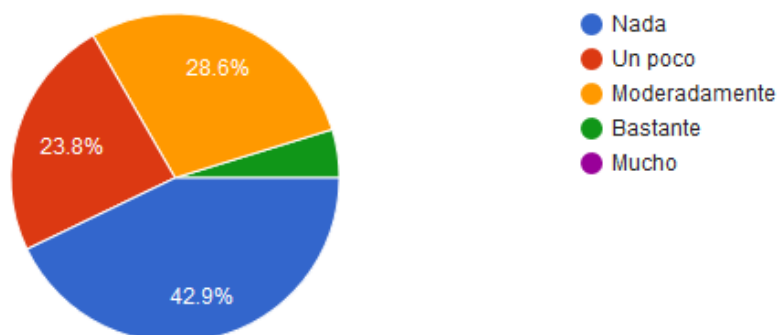


Figura 66 Estadísticas obtenidas en la pregunta 6

¿Me siento nervioso al no saber como prepararme para estudiar ciertas materias?

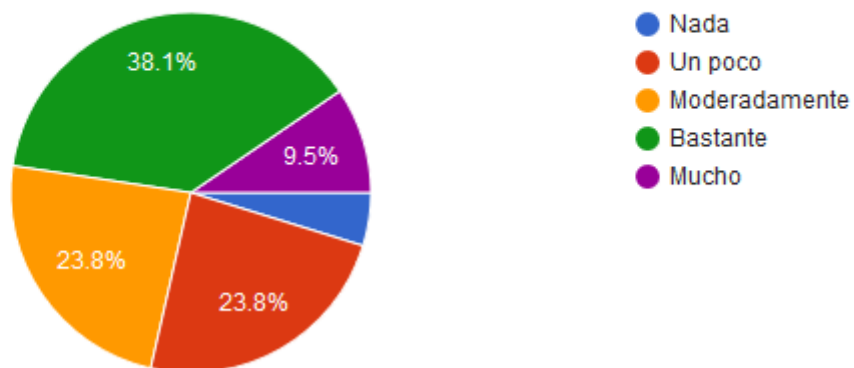


Figura 67 Estadísticas obtenidas en la pregunta 7

¿Me siento inquieto cuando el o los profesores plantea trabajos, actividades o tareas que no tienen mucho que ver entre sí (o son incongruentes con la materia)?

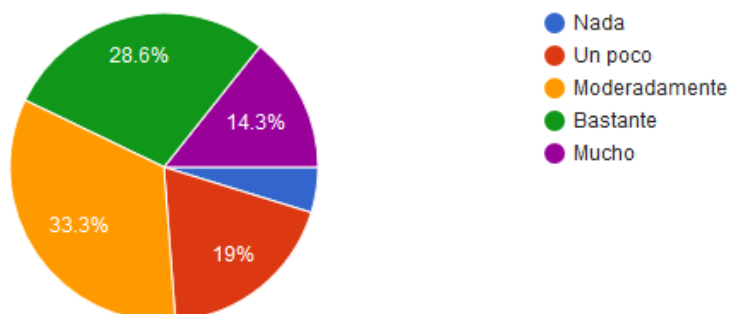


Figura 68 Estadísticas obtenidas en la pregunta 8

¿Me siento inquieto, al no tener el tiempo suficiente para realizar talleres, exámenes, o trabajos dentro del aula?

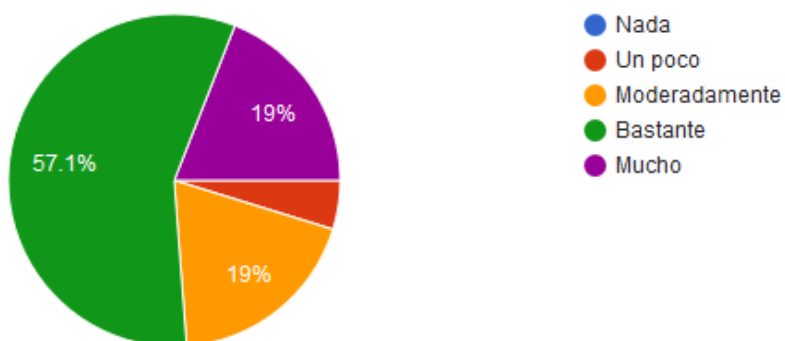


Figura 69 Estadísticas obtenidas en la pregunta 9

¿Me siento exhausto, o afligido por la excesiva cantidad de información que se me proporciona en clase, sin que se indique claramente lo fundamental?

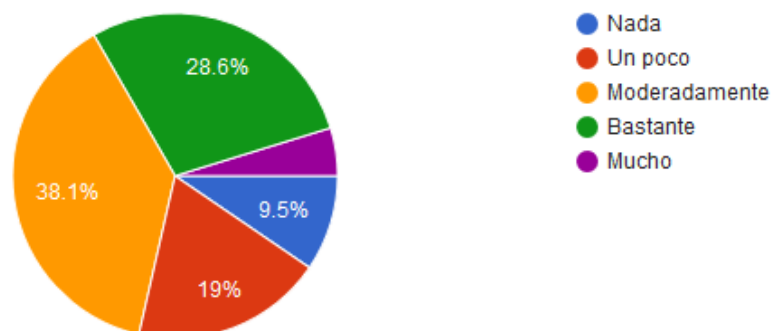


Figura 70 Estadísticas obtenidas en la pregunta 10

¿Me siento decepcionado, porque los resultados obtenidos en los exámenes no reflejan, en absoluto, mi trabajo anterior de preparación ni el esfuerzo desarrollado?

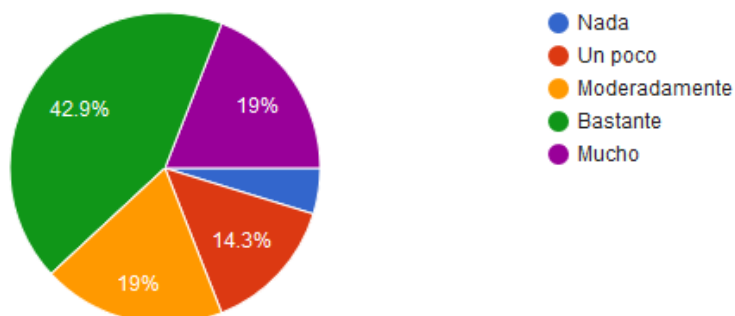


Figura 71 Estadísticas obtenidas en la pregunta 11

¿Me siento nervioso o inquieto por que no tengo el suficiente tiempo para desarrollar los proyectos o tareas que fueron encomendadas para meses o semanas?

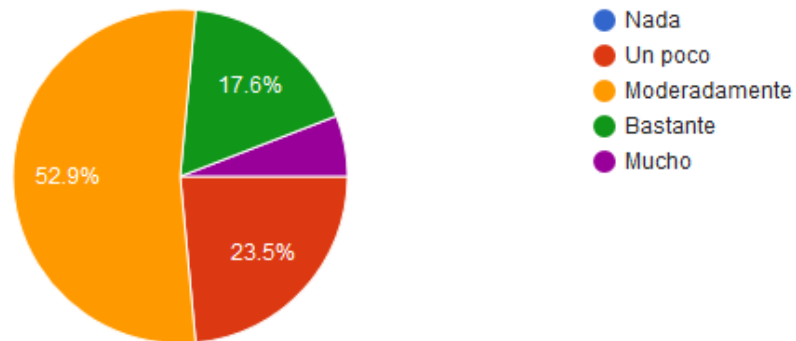


Figura 72 Estadísticas obtenidas en la pregunta 12

¿Me siento nervioso porque no creo que pueda hacer frente a las exigencias de la carrera que estudio?

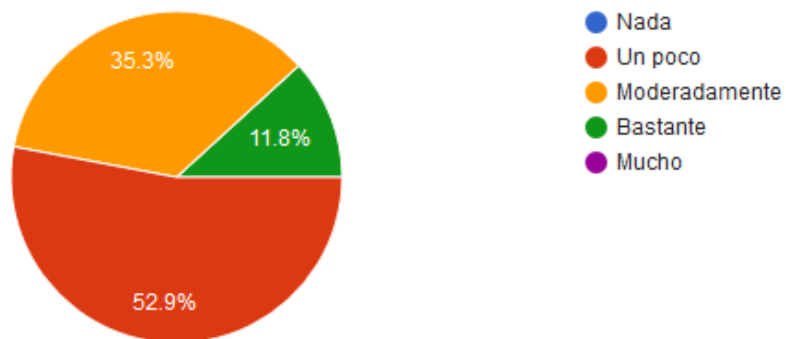


Figura 73 Estadísticas obtenidas en la pregunta 13

¿Me siento con ansiedad, cuando el profesor no plantea de forma clara qué es lo que tenemos que hacer?

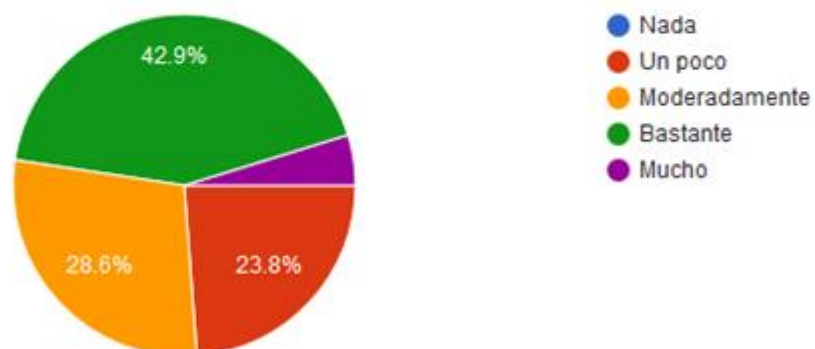


Figura 74 Estadísticas obtenidas en la pregunta 14

¿Me siento nervioso o inquieto cuando el profesor espera que sepamos cosas que no nos ha enseñado?

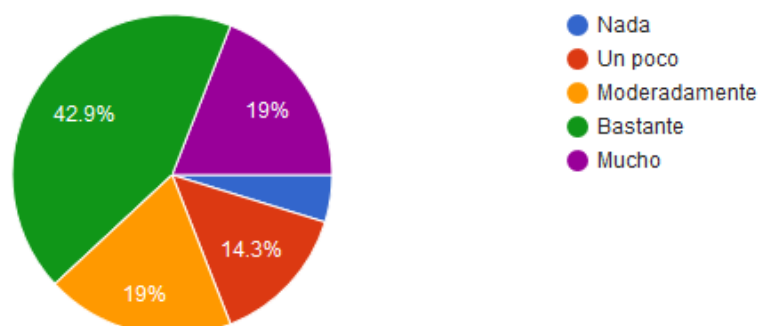


Figura 75 Estadísticas obtenidas en la pregunta 15

¿Existe alguna causa que le genere estrés que no este listada en esta encuesta que esté relacionado en el ámbito académico?

problemas en el hogar
LA acumulacion de deberes, proyectos y exámenes
LA FALTA DE COMPRENSIÓN POR PARTE DE CIERTOS PROFESORES
El trato del ingeniero
Pues que muchas veces no se toma en cuenta que hay personas que tiene mas actividades aparte de la Universidad y exigen más.
Muchos temas que hay que estudiar.
la forma de calificar, que no valoren el esfuerzo
No aprobar materias que abren otras
Cuando el profesor es muy redundante en lo mismo
El complejo de superioridad de ciertos profesores
RELACIONES PERSOANLES

Figura 76 Respuestas de la pregunta abierta

Respecto a las preguntas con la temática interacción en clases, se evidencia que los estudiantes se sienten moderadamente nerviosos al tener que pasar a la pizarra (42.9%), realizar una exposición (33.3%), cuando el profesor realiza una pregunta (52.4%), esto puede indicar que la relación docente-estudiante incide en la generación de estrés, por la inseguridad del estudiante.

Respecto a las preguntas con la temática tiempo de desarrollo de tareas o actividades, se evidencia que los estudiantes se sienten moderadamente inquietos al no tener el suficiente tiempo para desarrollar tareas o proyectos que fueron encomendadas para meses o semanas (52.9%), bastante inquietos al no tener el tiempo suficiente para desarrollar talleres, exámenes o trabajos dentro del aula (57.1%), bastante inquietos cuando las semanas de exámenes están cercas (42.9%), la insuficiencia de tiempo para poder elaborar trabajos incide en una de las mayores causas por la cual un estudiante puede presentar niveles de estrés alto.

Respecto a las preguntas con la temática preparación, contenidos de la clase, se evidencia que los estudiantes se sienten bastante nerviosos y afligidos al no saber cómo prepararse para estudiar ciertas materias (38.1%), cuando los profesores plantean actividades que son incongruentes con la materia (28.6%), cuando el profesor no indica de manera clara lo que se debe realizar (42.9%), la incongruencia de la materia impartida en clases con el contenido evaluado incide en que los estudiantes se sientan estresados al no saber cómo prepararse para estudiar cosas fuera de lo enseñado.

Analizando las respuestas de la pregunta abierta, se puede evidenciar que la mayoría de respuestas están relacionadas con la intercomunicación estudiante-docente, el cual es otro motivo de generación de estrés, en vista de que los docentes no valoran la parte humana del alumno, pasando por alto la situación individual de cada estudiante.

Después de calificar cada respuesta de manera cuantitativa, la muestra seleccionada para la aplicación del prototipo fue de 40 personas las cuales presentaron las siguientes características visualizadas en la Tabla 13.

Tabla 13*Muestra seleccionada para el uso del prototipo*

Sujetos	Promedio Edad	Género	Género Musical en común
Grupo 1	18	Masculino	Electrónica
Grupo 2	19	Masculino/Femenino	Rock
Grupo 3	20	Masculino	Rock
Grupo 4	19	Femenino	Rock

4.3 Análisis e interpretación de resultados

Siguiendo el flujo de trabajo de la Figura 1, determinamos el nivel de estrés del estudiante, al ubicar el dispositivo Epoc+ sobre el cuero cabelludo del estudiante.



Figura 77 Colocación del dispositivo Emotiv Epoc+ sobre el estudiante del grupo 1

El siguiente paso será el de registrar los datos personales del estudiante para llevar un record de la terapia, y registrar la pista musical con la cual se relaja mejor, en el caso de no tener una pista musical en específico se hará uso de la pista musical Alpha Waves, una pista musical diseñada para reducir el estrés al emitir sonidos que trabajan en la onda alfa.

Antes de registrar nuestras pistas se debe recordar que el tipo de música a ser ingresada debe terminar en una extensión de tipo MIME type audio, en la siguiente Tabla 14, puede ser visualizado los tipos de formato validos con el prototipo

Tabla 14

Extensiones validas de audio

Extensión	MIME type	Extensión	MIME type	Extensión	MIME type
au	Audio/basic	mp3	Audio/mp3	m3u	Audio/x-mpegurl
snd	Audio/basic	mp4 audio	Audio/mp4	ra	Audio/vnd.rn-realaudio
Linear PCM	Audio/L24	aif	Audio/x-aiff	ram	Audio/vnd.rn-realaudio
mid	Audio/mid	aifc	Audio/x-aiff	wav	Audio/vnd.wav

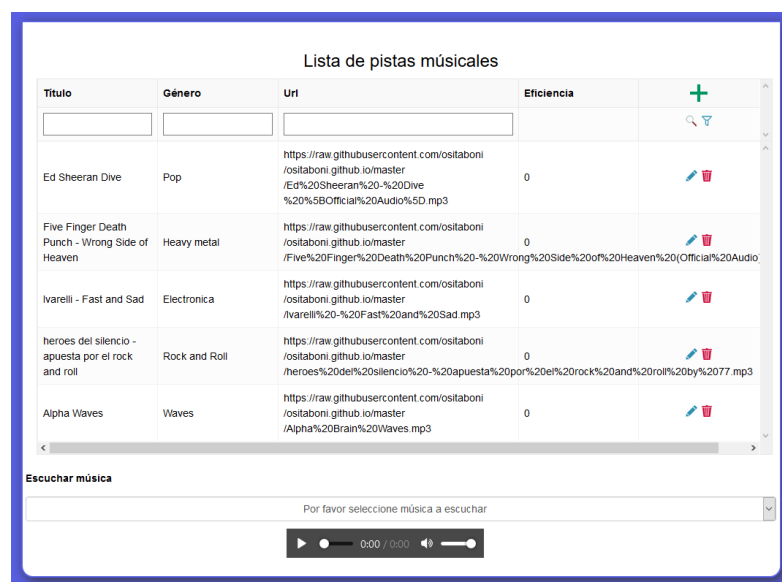


Figura 78 Registro de pistas musicales preferidas por estudiantes

Continuando con el flujo de trabajo la terapia del estudiante 1 comienza al iniciar la fase 1 de la sección monitoreo, donde se visualizará la actividad cerebral del estudiante y su nivel de estrés.

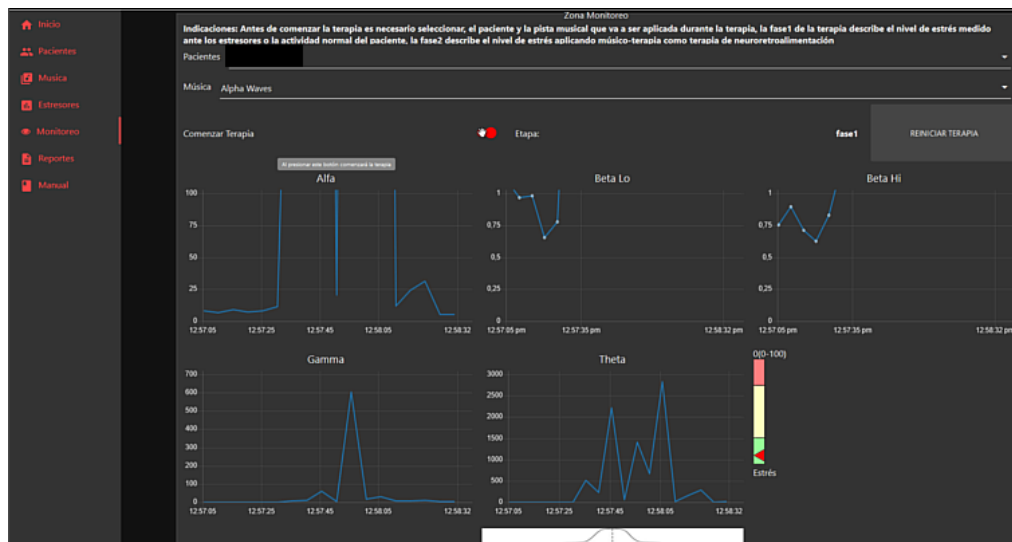


Figura 79 Etapa de monitoreo fase1

Mientras que es medida la actividad cerebral y el nivel del estudiante, a este se le pide realizar una actividad, la cual es resolver ejercicios matemáticos en el pizarrón y en papel.



Figura 80 Resolución de ejercicios por el estudiante del grupo 1

Mientras que el estudiante resolvía los ejercicios, el prototipo determino un nivel de estrés de 83.94 muy por encima del umbral establecido que era 45, por lo que el dispositivo Google Home reprodujo el mensaje “Su nivel de estrés está por encima del umbral se procederá a aplicar la terapia”, además que la actividad de las ondas cerebrales denoto un alto crecimiento al pedir que pase al pizarrón a resolver los ejercicios bajo un límite de tiempo.

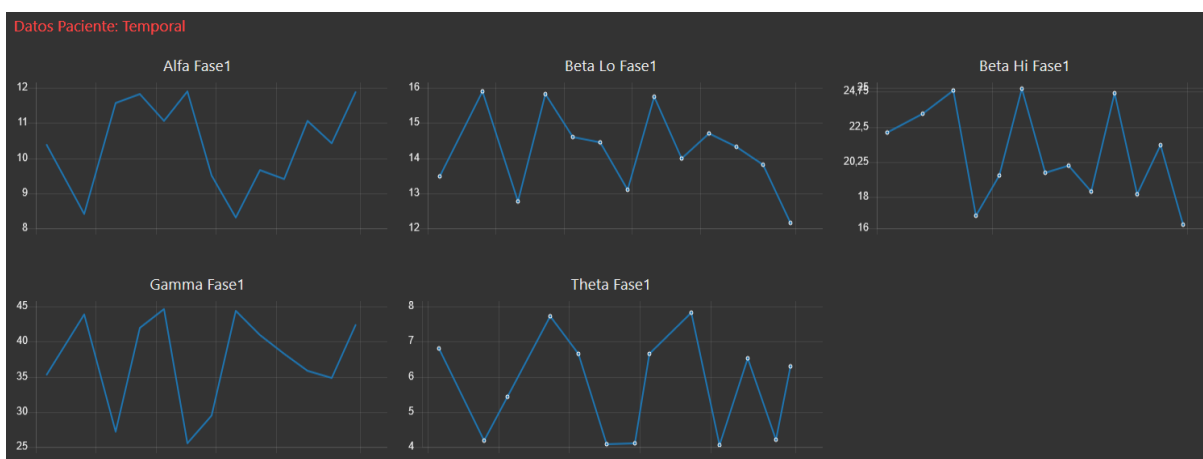


Figura 81 Resultados de la fase 1 del estudiante del grupo1

Para la terapia fue seleccionada la pista musical “Alpha Waves”, dado que el estudiante no especifico una pista musical, al haber aplicado musicoterapia se logró reducir el nivel de estrés del estudiante de manera considerable llegando al promedio de 9.78 en su nivel de estrés, además se observa menor frecuencia en las ondas BetaHi y BetaLo las cuales están relacionadas a la actividad intensa cerebral.



Figura 82 Resolución de ejercicios en papel durante la fase2

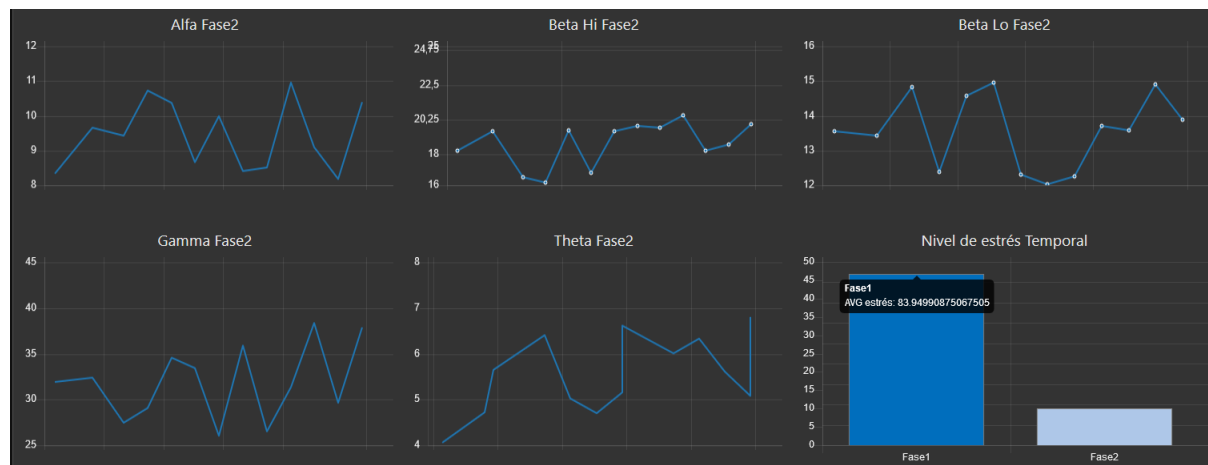


Figura 83 Resultados de la fase 2 del estudiante del grupo 1

Una vez logrado el objetivo, se procede a calcular la eficiencia de la pista musical aplicada durante la musicoterapia, para ello se propuso la siguiente escala cualitativa y cuantitativa además de una fórmula para poder dar un valor en un rango de 0 a 5.

Tabla 15

Escala cualitativa y cuantitativa de la eficiencia en pistas musicales

Valor Cualitativo	Valor Cuantitativo
La mayor eficiencia posible	5
Muy eficiente	4
Eficiente	3
Eficiente intermedio	2
Poco eficiente	1
La menor eficiencia posible	0

$$\text{Eficiencia} = 5 - ((\text{NivelEstrés} * 5)/100)$$

Figura 84 Fórmula para determinar la eficiencia de la pista musical

El siguiente caso de estudio fue en base al estudiante del grupo2, sin embargo, al medir su actividad cerebral y nivel de estrés, el estudiante no presentó un nivel de estrés por encima del umbral, por lo que el mensaje en el dispositivo Google Home “Su nivel de estrés está por debajo del umbral, no es necesario aplicar la terapia” se reprodujo.



Figura 85 Colocación del dispositivo Epoc+ en el estudiante del grupo2

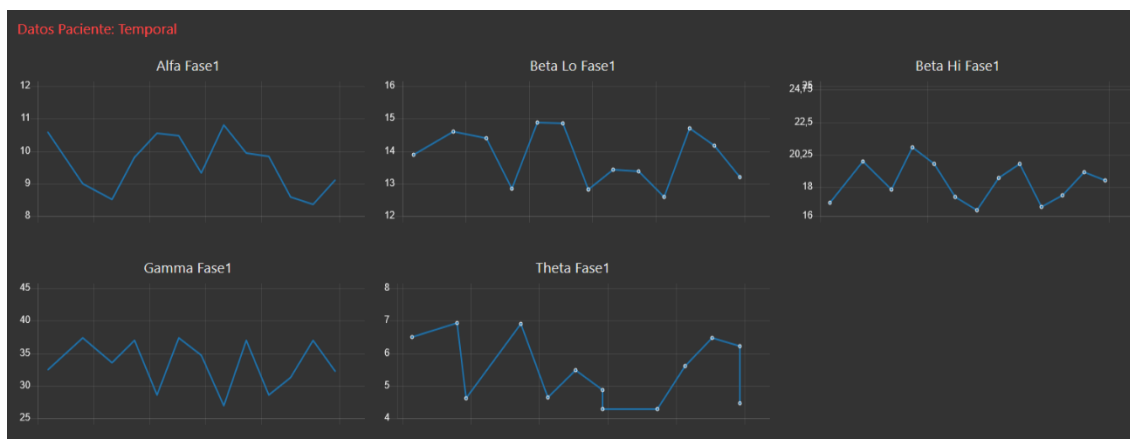


Figura 86 Resultados de la fase 1 del estudiante del grupo2



Figura 87 Nivel de estrés por debajo del umbral

El estudiante supo explicar, que experimento otros casos de “estrés extremo” como él lo llamó, al este estar involucrado en actividades de dudosa procedencia, por lo que tiene una concepción del estrés menor o no se siente estresado al lidiar con temas académicos.

Para los grupos 3 y 4, fue aplicada la pista musical de su gusto, y además también fue seleccionada unos minutos de la pista musical “Alpha Wave” para contrastar los resultados, se determinó que no hubo gran mejoría al aplicar la pista musical que ellos sienten los relaja, debido a que no logro reducir su nivel de estrés de forma impactante, en comparación a la pista musical propuesta.

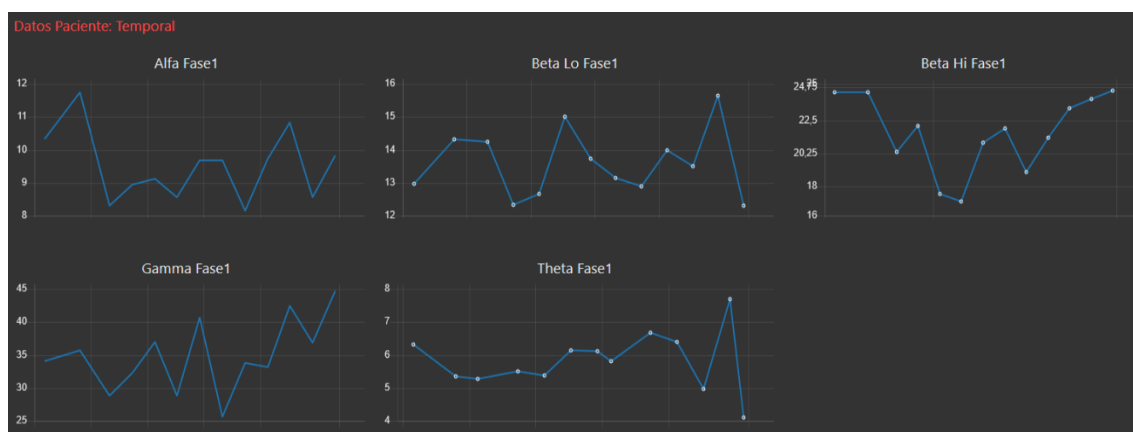


Figura 88 Resultados de la fase 1 del estudiante del grupo 3

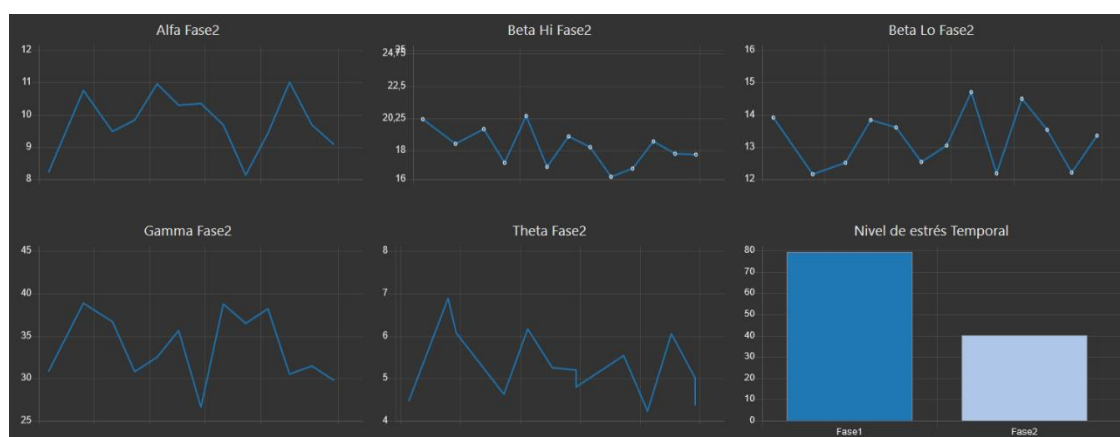


Figura 89 Resultados de la fase 2 del estudiante del grupo 3

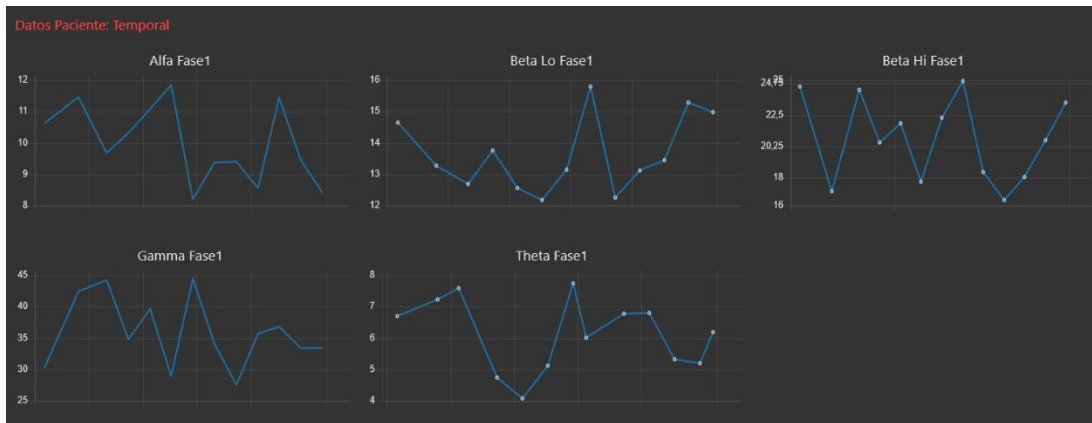


Figura 90 Resultados de la fase 1 del estudiante del grupo 4



Figura 91 Resultados de la fase 2 del estudiante del grupo 4

Finalmente, nuestro reporte general, demostró que la pista musical “Alpha Waves” consiguió una eficiencia de 4.12/5 por lo que está catalogada como “Muy eficiente”, mientras que la pista musical de menor eficiencia fue una propuesta por el estudiante “Fast and Sad” cuya eficiencia fue del 0.5/5 catalogada como “Menor eficiencia posible”.

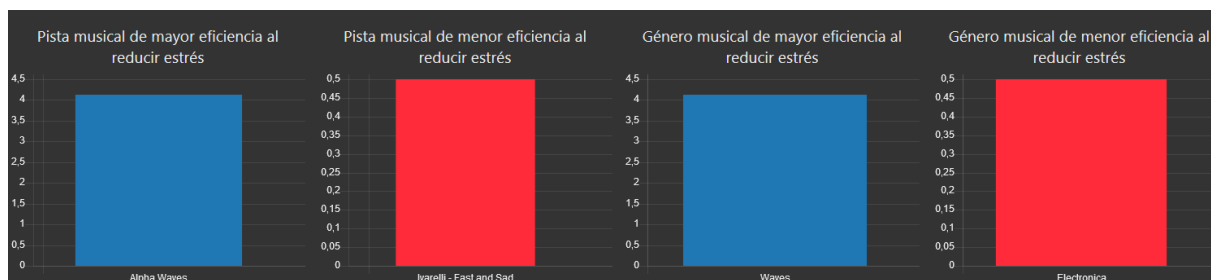


Figura 92 Eficiencia de las pistas musicales

El promedio general del estrés demostró que los estudiantes contaban con una alta presencia de estrés por encima del umbral en la fase 1, considerándolo como eficiente al reducir su nivel de estrés como se muestra en la Figura 94

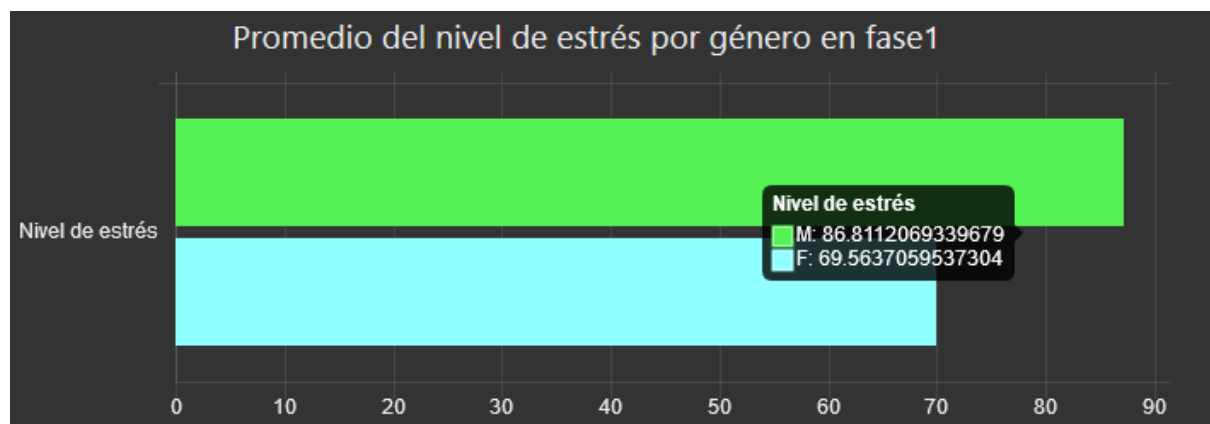


Figura 93 Resultados promedio del nivel de estrés por género en fase1

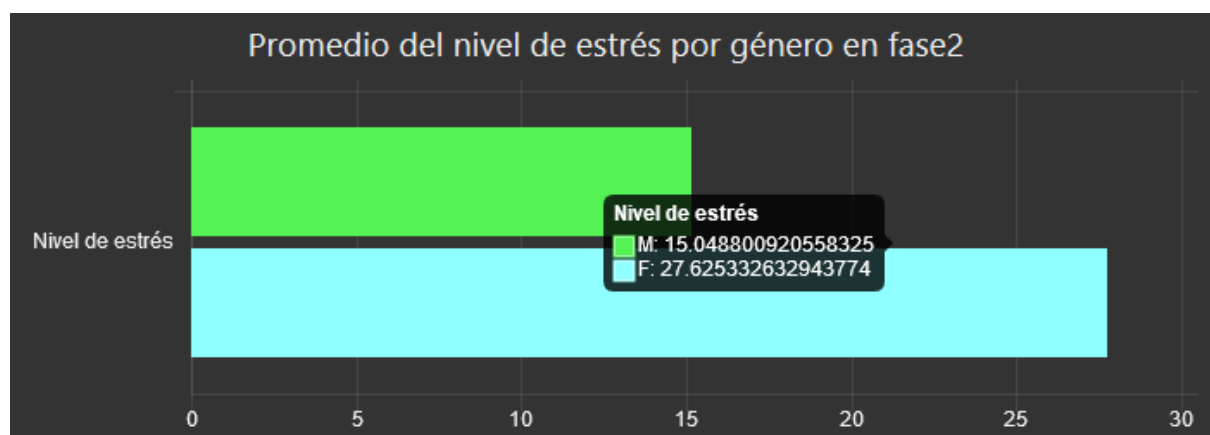


Figura 94 Resultados promedio del nivel de estrés por género en fase2

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se realizó una revisión preliminar de literatura que permitió conocer, analizar e identificar los diferentes estudios que han empleado el uso de musicoterapia, dispositivos EEG y IoT, con el fin de reducir el nivel de estrés de una persona.

Se diseñó y desarrollo un prototipo de aplicación que permitió la reducción de estrés a través del uso de musicoterapia y la medición del nivel de estrés del estudiante, siguiendo las buenas prácticas de la Ingeniería de Software

El prototipo fue validado por una muestra de 44 estudiantes resultado de un tamaño poblacional de 274.

Los resultados evaluados indicaron que el 76% logro reducir su estrés, el 19% no fue necesario aplicar musicoterapia, y al 5% no fue posible reducir su estrés.

5.2 Recomendaciones

Considerar un esquema de trabajo basado en sistemas empotrados que permita realizar pruebas desde diferentes locaciones, para ello se recomienda crear un esquema de comunicación basado en MQTT, para él envió de datos desde el dispositivo EPOC+ al servidor.

Usar redes neuronales para determinar comportamientos, y respuestas ante diferentes ambientes educativos y estresores académicos.

Se recomienda usar una base de datos no relacional, por la excesiva cantidad de datos generados, estos rondan entre 5000-10000 datos dependiendo del tiempo de la terapia, lo cual normalmente es de 30 minutos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bradt, J., Dileo, C., & Potvin, N. (2013). Music for stress and anxiety reduction in coronary heart disease patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2013(12). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006577.pub3>
- Caballero, P. A. O. (2005). Diseño de mecanismos de procesamiento interactivos para el análisis de ondas cerebrales.
- Cabanach, R. G., Souto-Gestal, A., & Franco, V. (2016). Escala de Estresores Académicos para la evaluación de los estresores académicos en estudiantes universitarios. *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 7(2), 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.rips.2016.05.001>
- Caldera, J., Pulido, B., & Martínez, G. (2007). Niveles de estrés y rendimiento académico en estudiantes de la carrera de Psicología del Centro Universitario de Los Altos. *Revista de Educacion y Desarrollo*, 7, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2010.06.002>
- Castro, D., Coral, W., Cabra, J., Colorado, J., Méndez, D., & Trujillo, L. (2017). Survey on IoT solutions applied to Healthcare •, 84(203), 192–200.
- Chavan, D. R., Tech, M. E., & Prof, E. (2016). The Human Stress Recognition of Brain , using Music Therapy, 200–203.
- EcuadorVivo. (2018). El estrés, el mal silencioso que deteriora la salud. *EcuadorEnVivo*. Retrieved from <http://www.ecuadorenvivo.com/sociedad/81-sp-765/salud/83415-el-estres-el-mal-silencioso-que-deteriora-la-salud.html>
- ElComercio. (2014). El estrés, la causa principal de los trastornos mentales en el Ecuador. *ElComercio*. Retrieved from https://www.elcomercio.com/tendencias/estres-causa-trastornos-mentales.html?keepThis=true&TB_iframe=true&height=500&width=600&caption=Sección

Elzeiny, S., & Qaraqe, M. (2018). Blueprint to Workplace Stress Detection Approaches. *2018 International Conference on Computer and Applications, ICCA 2018*, 407–412. <https://doi.org/10.1109/COMAPP.2018.8460293>

Emotiv. (n.d.). Emotiv. Retrieved from https://www.emotiv.com/epoc/?gclid=Cj0KCQiAnY_jBRDdARIsAIEqJ0GdnXo15v1BcZzH3Z1qu3SGkGcZTca3QIuGJBeQNw8OMB5C1hSG_QaAtbtEALw_wcB

EMOTIV. (2019). EMOTIV BCI. Retrieved from <https://www.emotiv.com/emotiv-bci/>

García, N. B. (2012). Estrés Académico. *Revista de Psicología Universidad de Antioquia*, 3, 55–82. Retrieved from http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و رسانه های نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chkhask=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component

Hafeez, M. A., Shakil, S., & Jangsher, S. (2019). Stress Effects on Exam Performance using EEG. *2018 14th International Conference on Emerging Technologies (ICET)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/icet.2018.8603652>

Kalas, M. S., & Momin, B. F. (2016). Stress detection and reduction using EEG signals. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, ICEEOT 2016*, 471–475. <https://doi.org/10.1109/ICEEOT.2016.7755604>

Kember, D., & Leung, D. (2006). Characterising a teaching and learning environment conducive to making demands on students while not making their workload excessive. *Studies in Higher Education*, 31(2), 185–198. <https://doi.org/10.1080/03075070600572074>

Lucía, A. C. (2017). ¿Tiene Algún Beneficio Para La Salud El Uso De la Musico-Terapia?, (Mm), 9.

Marcelo Miranda, C., Sergio Hazard, O., & Pablo Miranda, V. (2017). La música como una

- herramienta terapéutica en medicina. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatria*, 55(4), 266–277.
<https://doi.org/10.4067/s0717-92272017000400266>
- Martín Monzón, I. M. (2017). Estrés académico en estudiantes universitarios, 25, 87–100.
Retrieved from https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/12812/file_1.pdf
- Martín, P. P. (2012). El Malestar Docente. *Temas Para La Educación.*, 21, 1–6. Retrieved from
<https://www.feandalucia.ccoo.es/docuipdf.aspx?d=9615&s=>
- Michaela, R. L. D. (2016). Estrategias para reducir el estrés laboral en el grupo de docentes de la unidad educativa José Joaquín de Olmedo de la ciudad de Cayambe, 2015.
- Miguel Díaz, F., & Arias Blanco, J. (1999). La evaluación del rendimiento inmediato en la enseñanza universitaria. *Revista de Educación*, 320(320), 353–377.
- Moreno, I., Batista, E., Serracin, S., Moreno, R., Gómez, L., Serracin, J., ... Boya, C. (2019). Los sistemas de interfaz cerebro-computadora basado en EEG: características y aplicaciones. *I+D Tecnológico*, 15(2), 13–26. <https://doi.org/10.33412/idt.v15.2.2230>
- Muse. (n.d.). Muse. Retrieved from <https://choosemuse.com/es/>
- NeuroSky. (n.d.). NeuroSky. NeuroSky. Retrieved from <http://neurosky.com/>
- Node-Red. (2019). Flow-based programming for the Internet of Things. Retrieved from
<https://nodered.org/>
- NodeJS. (2019). Introduction to Node.js. Retrieved from <https://nodejs.dev/introduction-to-nodejs>
- Nunez, P. L. Srinivasan, R. (2007). Electroencephalogram.
<https://doi.org/10.4249/scholarpedia.1348>
- Pingle, Y. (2016). IOT for Music Therapy. *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 1453–1455.
- Priscila, Y. I. A. (2018). Reducción del estrés laboral mediante la aplicación de la Técnica de

Relajación Progresiva de Jacobson en trabajadores de la empresa “Creaciones Patricio”, en el sector de San Carlos, cantón Quito,.

Rose, K. (2015). La internet de las cosas — la internet de las cosas — una breve reseña.

Salazar, F. (2014). Propuesta para reducir el estrés mediante la motivación en los empleados del servicio de rentas internas y casabaca S.A, Quito-Ecuador.

Shih, J. J., Krusienski, D. J., & Wolpaw, J. R. (2012). Brain-computer interfaces in medicine. *Mayo Clinic Proceedings*, 87(3), 268–279. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2011.12.008>

Sun, C., Bao, Y., Xu, J., Kong, D., Zhou, H., Wang, Q., ... Duan, Y. (2013). The effects of different types of music on electroencephalogram. *Proceedings - 2013 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, IEEE BIBM 2013*, 31–37. <https://doi.org/10.1109/BIBM.2013.6732586>

Tian, Y., Ma, W., Tian, C., Xu, P., & Yao, D. (2013). Brain oscillations and electroencephalography scalp networks during tempo perception. *Neuroscience Bulletin*, 29(6), 731–736. <https://doi.org/10.1007/s12264-013-1352-9>

Trmčić, B. R., Labus, A., Bogdanović, Z., Zrakić, M. D., & Radenković, B. (2018). Development of an iot system for students ’ stress management □, 31(September), 329–342.

Vijayaragavan, G. R., Raghav, R. L., Phani, K. P., & Vaidyanathan, V. (2016). EEG monitored mind de-stressing smart phone application using Yoga and Music Therapy. *Proceedings of the 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things, ICGCIoT 2015*, 412–415. <https://doi.org/10.1109/ICGCIoT.2015.7380498>

Yong, W. (2011). Research on the source of occupational stress of college teachers. *Proceedings 2011 International Conference on Human Health and Biomedical Engineering, HHBE 2011*, 671–675. <https://doi.org/10.1109/HHBE.2011.6028401>

