

EFFECTOS DE LOS SONIDO DE ENTORNO SOBRE LOS NIVELES
COGNITIVOS CEREBRALES

CRISTHIAN MAURICIO ESTRADA RODRIGUEZ

RUBEN DARIO ROMERO SANDOVAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, FÍSICA Y CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN, RISARALDA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PEREIRA

2015

EFFECTOS DE LOS SONIDO DE ENTORNO SOBRE LOS NIVELES
COGNITIVOS CEREBRALES

CRISTHIAN MAURICIO ESTRADA RODRIGUEZ

RUBEN DARIO ROMERO SANDOVAL

Proyecto de Grado Presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Electrónico

Director

Msc. Walter Serna Serna.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, FÍSICA Y CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN, RISARALDA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PEREIRA

2015

Nota de aceptación:

Director
Msc. Walter Serna Serna.

Jurado.

Director de Programa
Ing. Edwin Quintero Salazar.

Pereira, Agosto de 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia mis padres, por haber sido mi apoyo constante en esta etapa de la vida, siempre estuvieron presente y me brindaban su apoyo incondicional para seguir adelante, agradezco al Ingeniero Walter serna serna por su acertada dirección en la elaboración del presente Proyecto, a mis amigos y compañeros de vida y de la Universidad con quien compartí experiencias que me ayudaban a crecer espiritual y profesionalmente, por ultimo a todos los docentes que hacen parte de la Universidad Tecnológica de Pereira , sin sus conocimientos y recomendaciones no habría sido posible llegar hasta este punto.

CRISTHIAN MAURICIO ESTRADA R.

Le agradezco a mi familia quienes me han comprendido y apoyado incondicionalmente a lo largo de este proceso, al director de trabajo de grado el ingeniero Walter serna serna, maestro y amigo quien con un horario sin límites y actitud generosa nos ha acompañado en todo momento, a la Universidad Tecnológica de Pereira y a todos sus docentes por contribuir y ser parte no solo de mi formación profesional sino también por inculcarme valores.

RUBEN DARIO ROMERO S.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 9
2	JUSTIFICACIÓN..... 10
3	OBJETIVOS 11
3.1	OBJETIVOS GENERALES..... 11
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
4	MARCO REFERENCIAL. 12
4.1	MARCO CONCEPTUAL..... 12
4.1.1	CEREBRO 12
4.1.2	LÓBULO TEMPORAL..... 12
4.1.3	LÓBULO OCCIPITAL..... 12
4.1.4	LÓBULO PARIETAL 12
4.1.5	LÓBULO FRONTAL..... 12
4.1.6	ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG) 12
4.1.7	ONDAS CEREBRALES 13
4.1.8	EMOTIV 13
4.2	MARCO HISTORICO..... 14
4.2.1	HISTORIA DEL EEG 14
4.2.2	HISTORIA CONTROL DE ONDAS CEREBRALES..... 15
4.2.3	HISTORIA APLICACION ONDAS CEREBRALES..... 15
5	CONCEPTOS FUNDAMENTALES PARA LAS PRUEBAS..... 16
5.1	Análisis Frecuencial de los Sonidos de Entorno 16
5.2	Pruebas sobre los estímulos auditivos..... 18
5.3	Filtros principales utilizados. 21
5.3.1	FILTROS BUTTERWORTH 21
5.3.2	FILTRO CHEBYSHEV..... 25
6	OPENVIBE. 34
6.1	Descripción de módulos. 34
6.2	Adquisición y procesamiento de señales cognitivas cerebrales. 35
6.2.1	Adquisición..... 35
6.2.2	Pre-filtrado..... 36
6.2.3	Espectro Frecuencial..... 37
6.2.4	Post- Filtrado..... 38
6.2.5	Graficador..... 38
7	CASCO EMOTIV EPOC..... 38
7.1	Ubicación de los electrodos mediante protocolo 10-10..... 39
7.1.1	Nomenclatura de canales..... 39
8	PROTOCOLO DE INICIALIZACIÓN DE PRUEBAS..... 42

8.1	Consentimiento Informado.	43
8.2	Encuesta Emocional.....	45
9	PRUEBAS SOBRE SUJETOS DE ESTUDIO.....	47
9.1	Pruebas de Encefalografía.	47
9.1.1	Conexión Electrodo a Sujetos de Estudio.	47
9.2	Prueba Inicial sin estímulos auditivos.....	51
9.2.1	Datos ordenados en la prueba	62
9.2.2	Respuestas entregadas en la encuesta.	63
9.3	Prueba Estimulo Auditivo Fuerte.....	64
9.3.1	Datos ordenados sobre la prueba.....	70
9.3.2	Respuestas entregadas en la encuesta.	71
9.4	Prueba Estimulo Auditivo Débil.	72
9.4.1	Datos ordenados sobre la prueba.....	78
9.4.2	Respuestas entregadas por la encuesta.....	79
10	DATOS ESTADÍSTICOS ADICIONALES.	81
10.1	Ocupación sujetos de estudio.....	81
10.2	Área de estudio de los sujetos.	81
10.3	Problemas psicológicos de los sujetos de estudio.....	82
11	DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO.....	83
12	CONCLUSIONES.....	84
13	BIBLIOGRAFÍA.....	85
14	ANEXOS.	87

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 INTERFAZ CASCO EMOTIV.....	14
FIGURA 2 SONIDO MEZCLADORA.	18
FIGURA 3 SONIDO ENTORNO INDUSTRIAL.....	19
FIGURA 4 SONIDO RIO (AGUA).....	20
FIGURA 5. SONIDO NATURALEZA	21
FIGURA 6. SEÑAL SIN RIZADO	22
FIGURA 7. GRADO DE PLANICIDAD DEL FILTRO ($\epsilon=1$).....	22
FIGURA 8. FUNCIÓN DE ORDEN PAR.	26
FIGURA 9. FUNCIÓN DE ORDEN IMPAR.	26
FIGURA 10. ALGORITMO DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES EEG.	35
FIGURA 11. MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EEG.....	36
FIGURA 12. CONFIGURACIÓN DEL TEMPORAL FILTER.....	36
FIGURA 13. CONFIGURACIÓN DEL ESPECTRO FRECUENCIAL DE LA SEÑAL EEG.	37
FIGURA 14. CONFIGURACIÓN DEL POS-FILTRADO.	38
FIGURA 15. UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS SEGÚN EL PROTOCOLO 10-10.....	39
FIGURA 16. NOMENCLATURA DE ELECTRODOS PROTOCOLO 10-20.	40
FIGURA 17. CONEXIÓN ELECTRODOS SUJETOS DE ESTUDIO.....	47
FIGURA 18. CONEXIÓN ELECTRODOS SUJETOS DE ESTUDIO.....	48
FIGURA 19. CONEXIÓN ELECTRODOS SUJETOS DE ESTUDIO.....	49
FIGURA. 20 DATO ESTADÍSTICO CONEXIÓN HOMBRES.	50
FIGURA 21. DATO ESTADÍSTICO CONEXIÓN MUJERES.	51
FIGURA 22. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	52
FIGURA 23. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	53
FIGURA 24. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	54
FIGURA 25. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	55
FIGURA 26. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	56
FIGURA 27. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	57
FIGURA 28. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	58
FIGURA 29. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	59
FIGURA 30. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	60
FIGURA 31. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA INICIAL.	61
FIGURA 32. DATOS ESTADÍSTICOS PRUEBA INICIAL.	62
FIGURA 33. DATOS ESTADÍSTICOS ENTREGADOS POR LA ENCUESTA PREGUNTA # 2.	63
FIGURA 34. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA FUERTE.	64
FIGURA 35. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA FUERTE.	65
FIGURA 36. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA FUERTE.	66
FIGURA 37. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA FUERTE.	67
FIGURA 38. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA FUERTE.	68
FIGURA 39. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA FUERTE.	69
FIGURA 40. DATOS ESTADÍSTICOS PRUEBA AUDITIVA FUERTE.	70
FIGURA 41. DATOS ESTADÍSTICOS ENTREGADOS POR LA ENCUESTA PREGUNTA # 5.	71
FIGURA 42. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA DÉBIL.	72
FIGURA 43. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA DÉBIL.	73
FIGURA 44. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA DÉBIL.	74
FIGURA 45. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA DÉBIL.	75
FIGURA 46. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA DÉBIL.	76
FIGURA 47. SEÑALES EEG SUJETO DE ESTUDIO PRUEBA AUDITIVA DÉBIL.	77
FIGURA 48. RESULTADOS PRUEBA AUDITIVA DÉBIL.	78

FIGURA 49. DATOS ESTADÍSTICOS ENTREGADOS POR LA ENCUESTA PREGUNTA # 6.	80
FIGURA 50. DATOS ESTADÍSTICOS OCUPACIÓN SUJETOS DE ESTUDIO.	81
FIGURA 51. ÁREA DONDE SE DESARROLLÓ EL ESTUDIO.	81
FIGURA 52. PORCENTAJE DE SUJETOS CON PROBLEMAS SICOLÓGICOS SEGÚN LA ENCUESTA.	82

1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La creciente demanda del sector industrial que está aconteciendo a nivel mundial, está generando un alto índice de contaminación auditiva, llevando este problema a afectar el rendimiento laborado de cada persona tanto en sus funciones cotidianas como la constante relación con los demás trabajadores y demás factores importantes.[2]

El ruido ya no solo se genera en sectores industriales, se puede también percibir en la ciudad en general, ya que la mayoría de su población ha optado por movilizarse en vehículos los cuales generan un alto nivel de estrés personal, lo que conlleva a que sus labores normales no puedan llevarse a cabo, afectando también su salud, ya que se puede producir un nivel bajo o pérdida total de audición[1], se ha comprobado que el ruido de la ciudad toma un valor de intensidad alto medido en Decibelios con respecto al el valor referencial de 40 Decibelios de audición humana.

Es posible sincronizar las ondas cerebrales por medio de la estimulación auditiva, pero este método no es muy usado en ambientes laborales y cotidianos.

2 JUSTIFICACIÓN

Una de las necesidades más importantes del ser humano es estar en contacto con la sociedad, interactuando diariamente con estímulos en diferentes ambientes donde se manejan diversos niveles de frecuencias auditivas.

Debido a diferentes ambientes ruidosos, se ha generado un bajo rendimiento en la calidad de prestación del servicio laboral y formación profesional. ¿Esto a qué se debe? Varios estudios implementados a trabajadores a cuales se les ha notado un desempeño laboral bajo, se ha inferido que dicho decremento es por motivo del ambiente ruidoso, analizando más a fondo se pudo deducir que varias personas son afectadas por una enfermedad en común, la cual se denomina hipoacusia, donde el individuo pierde parcial o permanente la audición en uno o ambos oídos, todo esto conlleva a que sus labores se vean afectadas o incapacitadas totalmente. [3]

En el interés de esta investigación se realizará un estudio con un número de personas, analizando los niveles cognitivos cerebrales (ALPHA-BETHA-THETA-DELTA) los cuales rigen a una frecuencia específica los cambios motivacionales, anímicos, hormonales y demás factores cognitivos del ser humano. [4] Este proyecto consta de un programa el cual el usuario podrá tener una experiencia muy cómoda con la interfaz ya que no necesitara tener un alto conocimiento en medicina debido a que el programa podrá dar una información general sobre los niveles cognitivos de la persona, para llegar a una conclusión de su estado anímico después de realizar una serie de procedimientos protocolarios.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERALES

Analizar y comprender los fenómenos asociados del ruido ambiental sobre los niveles cognitivos cerebrales (ALPHA-BETHA-THETA-DELTA) mediante estímulos auditivos a sujetos de estudio y un análisis de intensidad y frecuencia de los sonidos, según su impacto sobre las señales electroencefalográficas que serán capturadas mediante el sistema emotiv epoc.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar pruebas de sonometría en los entornos laborales y sociales a los que se exponen los sujetos de estudio
- Realizar estudios frecuenciales a las señales encefalográficas de personas expuestas a diferentes entornos laborales y sociales.
- Determinar las características del entorno en el que un individuo se siente más a gusto.
- Aplicar estímulos auditivos al sujeto de estudio con el fin de analizar su respuesta cognitiva cerebral.
- Corroborar la coherencia de las respuestas del sondeo realizado al sujeto de estudio, con las señales cognitivas entregadas por el sistema Emotiv.

4 MARCO REFERENCIAL.

4.1 MARCO CONCEPTUAL

4.1.1 CEREBRO

El cerebro es el encargado del control del sistema funcional del cuerpo humano, donde envía toda clase de información, sensaciones, movimientos de extremidades, estados de ánimos, entre otros, podemos encontrar las principales partes como lo es el lóbulo parietal, lóbulo occipital, lóbulo frontal y lóbulo temporal. [11]

4.1.2 LÓBULO TEMPORAL

El lóbulo temporal es el encargado de captar la parte auditiva y procesarla, también se enfoca en la parte emocional del ser humano como alteraciones de ansiedad, entre otros.

4.1.3 LÓBULO OCCIPITAL

El lóbulo occipital es la encargada de captar figuras por medio de la visión, como letras, objetos, para finalmente ser procesada.

4.1.4 LÓBULO PARIETAL

El lóbulo parietal interpreta cuando el individuo presenta sensaciones de calor, frío, coordinación de equilibrio, tacto, entre otros.

4.1.5 LÓBULO FRONTAL

El lóbulo frontal controla las conductas del individuo, la producción del lenguaje, estados de la memoria funcional, entre otros [11].

4.1.6 ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)

La electroencefalografía o encefalografía es el estudio del comportamiento neuronal que maneja el cerebro humano, por medio de sensores y electrodos, la cual percibe

cuando hay un impulso eléctrico en las neuronas, y muestra que parte del cerebro es la que realmente está funcionando, esto depende de qué actividad este haciendo el individuo y poder que problemas puede tener el paciente. El EEG sirve para observar y tratar problemas como los siguientes [6]:

- Alzheimer
- Confusión
- Episodios de desmayos o períodos de pérdida de memoria
- Infecciones
- Convulsiones
- Tumores El EEG también se usa para: Evaluar problemas con el sueño (trastornos del sueño) Monitorear el cerebro durante una cirugía cerebral

4.1.7 ONDAS CEREBRALES

El sistema nervioso produce unas ondas neuronales, la cual se encarga de transportar información por medio de impulsos eléctricos, reúnen una gran cantidad de neuronas, con el fin de obtener la información procesada, las ondas oscilatorias son frecuencias bajas que produce nuestro cerebro, donde se puede estudiar problemas de ansiedad, alteraciones, o comas inducidos. [8]

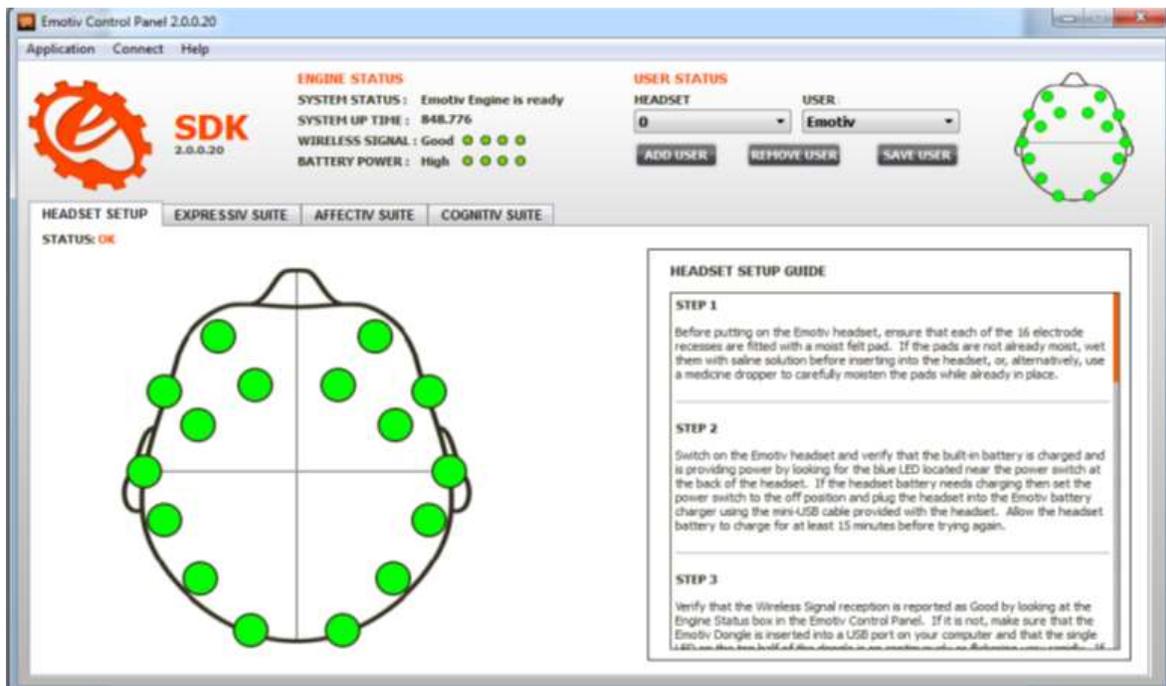
- Beta: Son las de mayor actividad, en estado de alerta y mayor concentración, con una frecuencia de 14Hz a 30Hz, nos sirve para cuando una persona tiene problemas de ansiedad o si deseamos que el individuo tenga la máxima concentración y tener un mejor rendimiento en el estudio o en el trabajo.
- Alpha: es un estado de relajación, sin ninguna alteración en nuestro cerebro, con una frecuencia de 9Hz a 13Hz,
- Theta: Profunda relajación y meditación, con una frecuencia de 4Hz a 8Hz.
- Delta: En sueño profundo, con una frecuencia de 1Hz a 3Hz, a la hora de dormir el cerebro necesita desconectarse del mundo exterior y descansa, es cuando se produce las frecuencias más mínimas de las ondas.[12]

4.1.8 EMOTIV

Emotiv Epoc es un sistema interactivo con el usuario, ya que la mayor parte de este producto es utilizado por los programadores de videojuegos, para el control de este por medio de la mente. El Emotiv EGG ayuda a mostrar gráficamente, algunos comportamientos neuronales, dependiendo la ubicación, el sensor actúa mostrando si hay o no actividad de impulsos eléctricos en nuestro cerebro. Componentes del emotiv:

- 14 canales de EEG más 2 referencias ofrecen un posicionamiento óptimo para la resolución espacial precisa.
- Los nombres de canal basado en el sistema de localización 10-20 electrodo internacional son: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4,
- Sensores que requieren solución salina.
- funciona a una resolución de 14 bits o 16 bits por canal, con respuesta de frecuencia entre 0,16 a 43 Hz
- cargador de batería (50/60 Hz 100-250 VAC) o el cargador USB.
- Batería de litio proporciona 12 horas de uso continuo.
- disco de instalación del CD de Windows XP o Vista
- USB Transceiver Dongle

Figura 1 Interfaz Casco Emotiv.



4.2 MARCO HISTORICO

4.2.1 HISTORIA DEL EEG

Es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral en condiciones basales de reposo, en vigilia o sueño, y durante diversas activaciones (habitualmente hiperpnea y estimulación luminosa intermitente) mediante un equipo de electroencefalografía (producto sanitario) Richard Birmick Caton (1842-1926), médico de Liverpool (Reino Unido), presentó

en 1875 sus hallazgos sobre los fenómenos bioeléctricos en los hemisferios cerebrales de ratones y monos, expuestos por craniectomía. En 1912 Vladimir Vladimirovich Pravdich-Neminsky publicó el primer EEG y potenciales evocados de perros. Hans Berger (1873-1941) comenzó sus estudios sobre electroencefalografía

La superficie externa es el córtex y en ella se recibe la información sensorial; esta capa posee 9 de los 12 billones de neuronas que tiene el hombre. El tejido cerebral presenta la capacidad de generar potenciales eléctricos que son la base de la excitabilidad del organismo. El electroencefalograma constituye en la actualidad un método imprescindible en el diagnóstico afectado de fenómenos críticos cerebrales, así como de su control evolutivo y pronóstico. Y constituye una de las pruebas más útiles para la apoyar el diagnóstico de la epilepsia. [5]

4.2.2 HISTORIA CONTROL DE ONDAS CEREBRALES

En 1959 un Doctor en medicina llamado John Barrow investigando en el famoso MIT (instituto de Tecnología de Massachusetts) descubrió que se podía alterar el electroencefalograma de los sujetos bajo estudio.

Lo hizo estimulando al sujeto con ondas de frecuencia diferente de las que el cerebro del sujeto estaba emitiendo. El resultado es que el encefalograma del sujeto empezaba a “sincronizarse” con la frecuencia a la que se le estimulaba. [4]

El descubrimiento de Barrow abrió un enorme campo de investigación. La inducción del sueño mediante estimulación se conoce desde que en Francia los investigadores Leduc y Rosseau en 1903 publicaran un primer estudio sobre inducción al sueño mediante micro corrientes eléctricas llamado “Electro narcose”.

4.2.3 HISTORIA APLICACION ONDAS CEREBRALES.

El Ingeniero Norteamericano Thomas Budzynski en 1989 publicó su estudio “Guía clínica para el uso de la luz y el sonido” en este estudio describía como se podía estimular a través de la luz y el sonido a un sujeto modificando su electroencefalograma.

A finales de los años ochenta el ingeniero Canadiense David Siever, trabajaba en un entorno clínico en aplicaciones de electro medicina y empezó a desarrollar equipos electrónicos que generaban impulsos de luz y sonido siguiendo las investigaciones de Budzynski, y desarrolló para un dentista uno de los primeros aparatos de sincronización de ondas cerebrales, para uso clínico. El objetivo era evitar la ansiedad en los pacientes de las consultas odontológicas[9]..

5 CONCEPTOS FUNDAMENTALES PARA LAS PRUEBAS.

5.1 Análisis Frecuencial de los Sonidos de Entorno

Se realizó el estudio frecuencial de sonidos de entorno mediante un análisis por medio de la transformada rápida de Fourier, implementado un algoritmo el cual tomara una señal de entrada, en nuestro caso el sonido y re armara un vector pero en el dominio de la frecuencia. [13].

La transformada de Fourier nos permite tomar una señal de tiempo continuo y pasarla a un tiempo discreto, donde allí se realiza un análisis por medio de frecuencia analizando los picos de la señal, donde estos son denominados armónicos y describen la intensidad y el valor de repetitividad (Hz) que existe cierto valor en un segundo[16].

El algoritmo para la detección de cada sonido se implementó por medio de una herramienta de software matemático denominada MATLAB, en el algoritmo escrito en la página 17 describe el procedimiento utilizado.

Describiendo brevemente el programa, primero se adquiere la señal de entrada (SONIDO) en formato .WAV mediante el comando **wavread** y se le asigna una variable a cada entrada, en este caso se le asignó una letra del alfabeto las cuales son X, Y, Z.

Posteriormente mediante la función **fft** realizo la transforma rápida de Fourier y guardo su valor en una variable llamada "Fourier1". Ya con los datos guardados se procede a mostrar el resultado gráficamente, donde primero se arregla los parámetros como la resolución de la gráfica y elegir una escala adecuada.

Existe una variable denominada **FM** con un valor de 44.100. Este valor se explica como el simple Rate o la frecuencia de muestreo donde una señal digital es reconstruida por una secuencia de muestras en este caso 44.100 veces en un segundo o 44.11 KHz [13].

Para tener una mayor comprensión de la señal se graficó simultáneamente la señal de entrada que fue el sonido, y a su vez su respectiva grafica de análisis en la frecuencia.

A continuación se muestra el código en Matlab utilizado:

```

Clc;
Close all;
Clear all;

Fm = 44100;
Fm1 = 44100;

y=wavread ('Mezcla.wav');
x=wavread ('Agua.wav');
z=wavread ('Grillo2.wav');
Fourier=abs (fft(y));
Fourier1=abs (fft(x));
Fourier2=abs (fft(z));
res=Fm/length(y);
res1=Fm1/length(x);
res2=Fm1/length(z);
esc=0:res:Fm-res;
esc1=0:res1:Fm1-res1;
esc2=0:res2:Fm1-res2;

figure(1)
subplot(2,1,1)
plot(esc,y)
ylim([-2 2]);
grid on;
subplot(2,1,2)
plot(esc,Fourier);
xlim([-50 3000]);
ylim([0 10000]);
grid on;

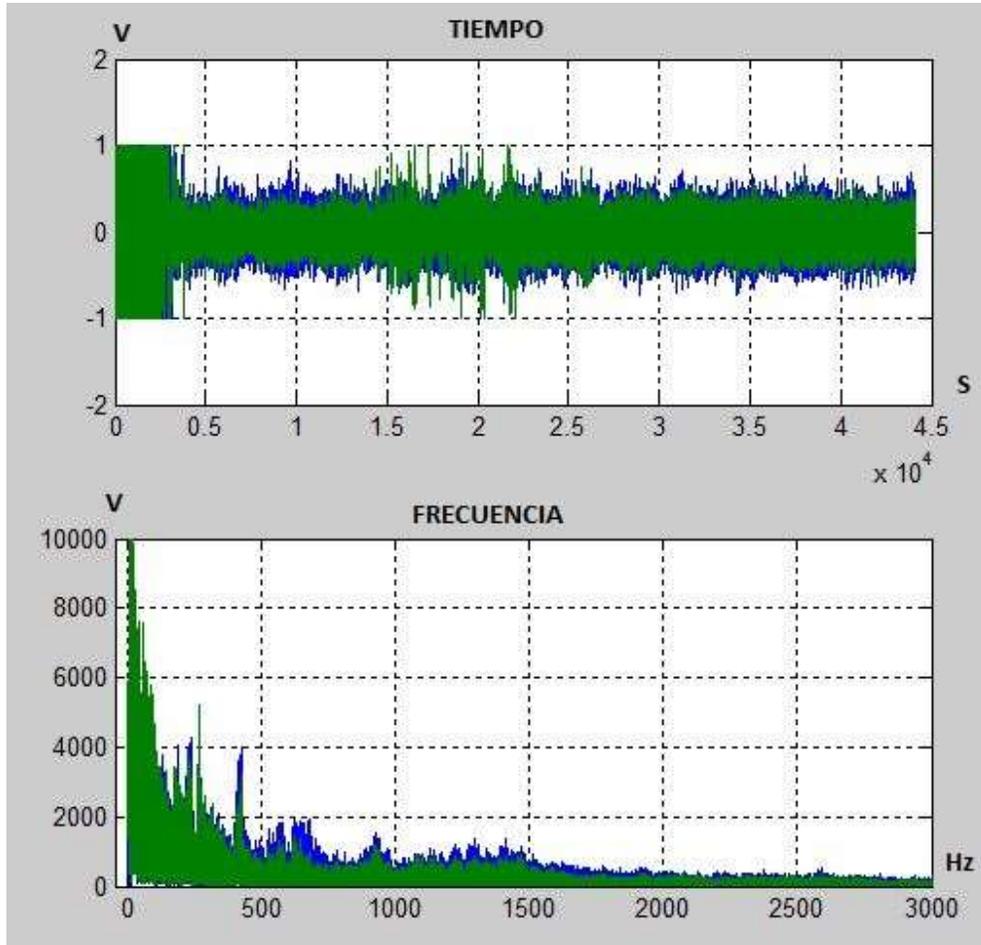
figure(2)
subplot(2,1,1)
plot(esc1,x)
ylim([-1 1]);
grid on;
subplot(2,1,2)
plot(esc1,Fourier1);
xlim([-50 1000]);
grid on;

figure(3)
subplot(2,1,1)
plot(esc2,z)
ylim([-1 1]);
grid on;
subplot(2,1,2)
plot(esc2,Fourier2);
xlim([-50 1000]);
grid on;

```

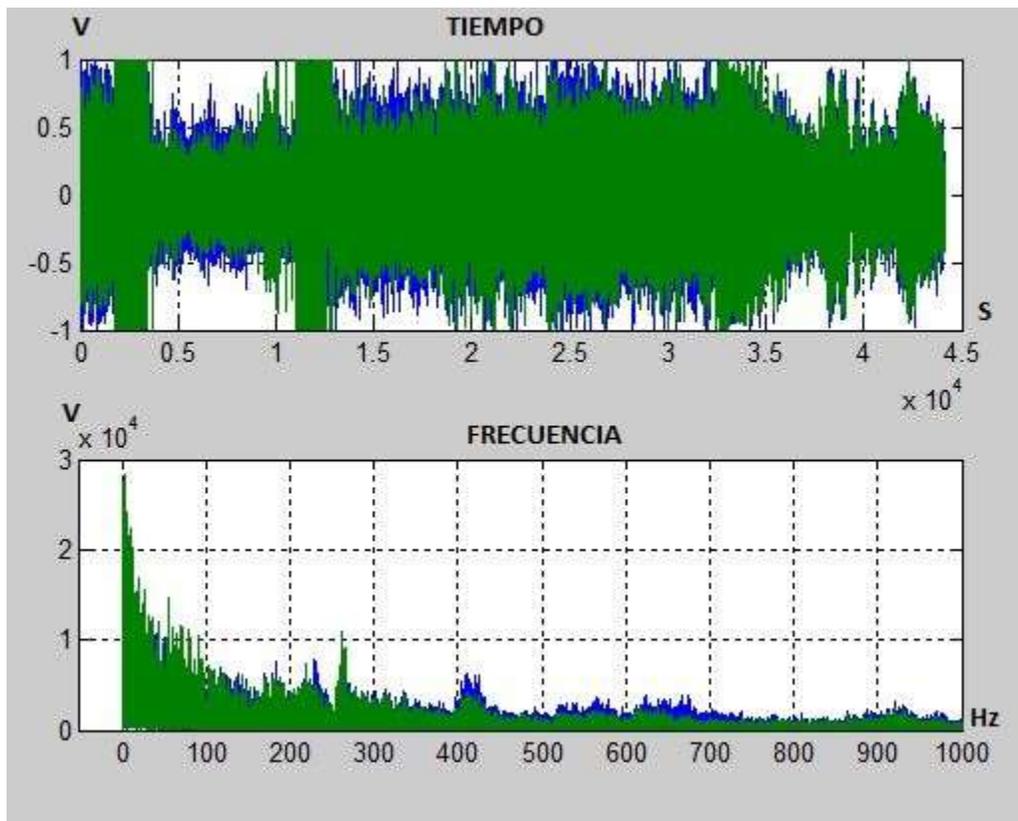
5.2 Pruebas sobre los estímulos auditivos.

Figura 2 Sonido Mezcladora.



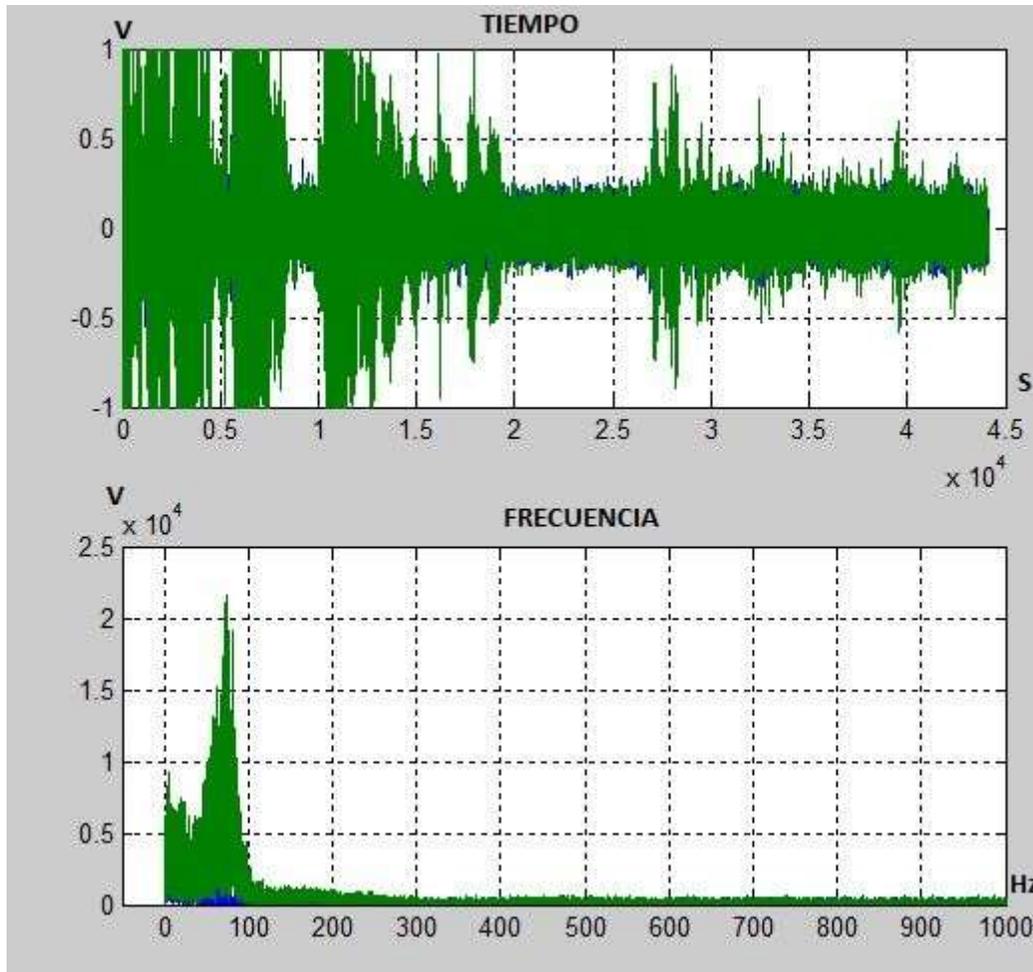
En la figura 2, en la parte superior se encuentra la señal en el dominio del tiempo y en la parte inferior la señal en el dominio de la frecuencia, el primer sonido a analizar fue en una fábrica industrial donde se corroboró armónicos a una frecuencia baja pero una amplitud supremamente alta, también se observa en la gráfica de frecuencia un pico alrededor de los 500 Hz donde todos los armónicos a partir de ahí se empiezan a estabilizar dando el ruido en general.

Figura 3 Sonido Entorno Industrial.



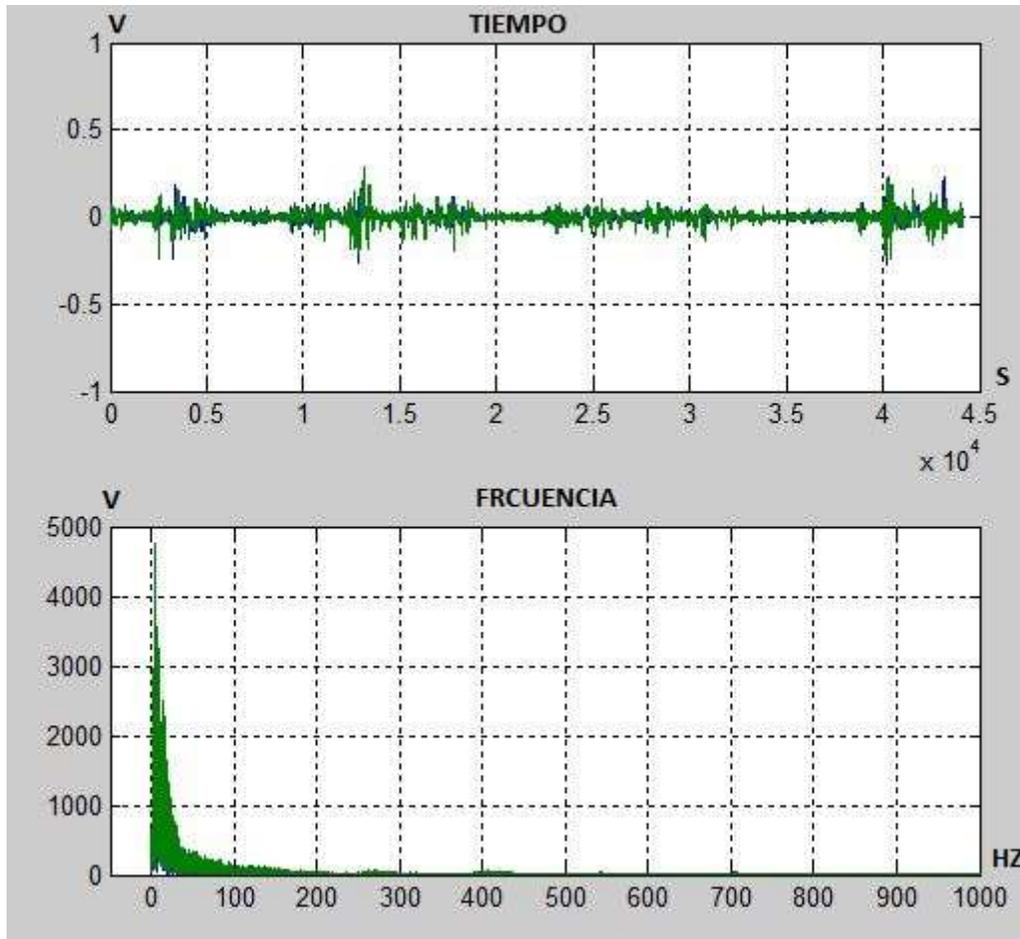
El siguiente sonido a analizar fue en una zona industrial como se muestra en la gráfica de la figura 3, se corroboró armónicos a una frecuencia muy baja y una amplitud alta, esto se debe que el sonido emitido por este entorno es supremamente penetrante y fuerte como el de la gráfica anterior, su mayor pico en frecuencia estuvo alrededor de los 100 Hz y 400 Hz su mayor frecuencia fue hasta los 1000 Hz.

Figura 4 Sonido Rio (Agua)



El siguiente sonido a analizar fue en un rio como se muestra en la gráfica de la figura 4, donde se corroboró armónicos a una frecuencia muy baja y una amplitud también baja, esto se debe que el sonido emitido por este entorno no es tan penetrante y fuerte como el de la gráfica anterior, su mayor pico en frecuencia estuvo alrededor de los 100 Hz y su mayor frecuencia fue hasta los 1000 Hz.

Figura 5. Sonido Naturaleza



En esta figura 5, el sonido de entrada fue en una zona boscosa y de noche donde los sonidos eran muy mínimos y un ambiente supremamente calmado, se podían escuchar animales como grillos a la lejanía, el espectro frecuencial nos demuestra mediante los armónicos que no existió un ruido constante y fuerte.

5.3 Filtros principales utilizados.

5.3.1 FILTROS BUTTERWORTH

Los filtros son muy comunes para los procesamientos de señales tanto analógicos como digitales, OpenVIBE como software que se caracteriza especialmente para señales EEG nos brinda unos filtros ya prediseñados para facilidad de estudio.

Uno de ellos es el filtro Butterworth, es uno de los más básicos, diseñado para producir una respuesta plana, donde la salida se mantiene constante, hasta que se obtiene un valor alrededor de la frecuencia de corte, este tipo de filtro se utilizó dependiendo de qué respuesta se necesitaba en el control de openVIBE.

Figura 6. Señal sin rizado

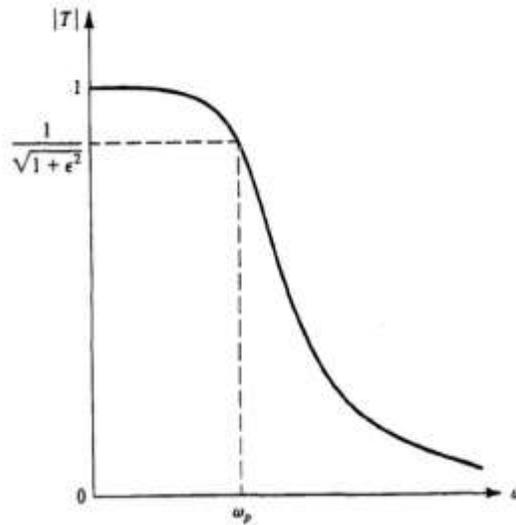
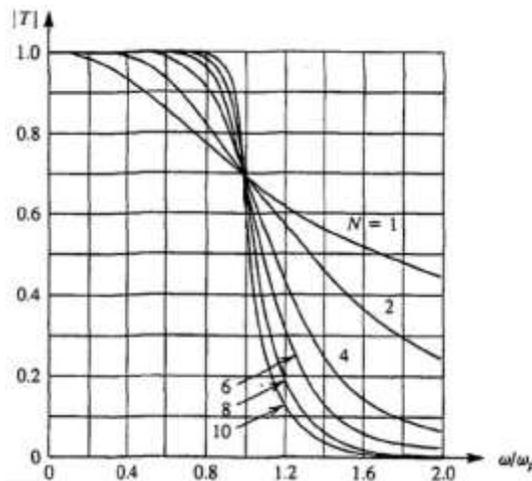


Figura 7. Grado de planicidad Del filtro ($\epsilon=1$).



A medida que aumenta el orden N del filtro, también lo hace su grado de planicidad acercándose a una respuesta más idea como se observa en la Figura 7.

$$|T(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + E^2 \left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^{2N}}}$$

ECUACIÓN 1

Si $\omega = \omega_p$

$$|T(j\omega_p)| = \frac{1}{\sqrt{1 + E^2}}$$

ECUACIÓN 2

En una pasa-bandas E determina la variación máxima en la transmisión

$$A_{MAX} = 20 \log \sqrt{1 + E^2}$$

ECUACIÓN 3

$$A_{MAX} = \sqrt{10^{A_{MAX}/10} - 1}$$

ECUACIÓN 4

ω Tiende a ser igual a cero dando en lo más posible una respuesta plana.

Su atenuación está dada por:

$$A(\omega_s) = -20 \log \left[\frac{1}{\sqrt{1 + E^2 \left(\frac{\omega_s}{\omega_p} \right)^{2N}}} \right]$$

ECUACIÓN 5

$$A(\omega_s) = 10 \log \left[1 + E^2 \left(\frac{\omega_s}{\omega_p} \right)^{2N} \right]$$

ECUACIÓN 6

Esta ecuación se utiliza para determinar el orden del filtro. Valor entero más bajo de N que $A(\omega_s) \geq A_{MIN}$

PARÁMETROS FILTRO BUTTERWORTH	
ω :	Punto de corte
ω_p :	Radio en el eje polar
A_{MAX} :	Ganancia Máxima
$ T(j\omega) $:	Valor de corte eje imaginario
E	Épsilon.
N :	Orden del Filtro

Tabla 1. Parámetros de Filtro Butterworth.

Pasos importantes a seguir:

1. $\epsilon = \sqrt{10^{A_{MAX}/10} - 1}$

ECUACIÓN 7

2. Dar valor de N como el entero más bajo del orden del filtro

$$A(\omega_s) = 10 \log \left[1 + E^2 \left(\frac{\omega_s}{\omega_p} \right)^{2N} \right]$$

ECUACIÓN 8

3. Primer Polo esta en $\pi/2N$

Los demás en separación angular π/N . Teniendo en cuenta esto se determinan el orden del filtro

4. Función de transferencia:

$$T(s) = \frac{k\omega_0^N}{(s - p_1)(s - p_2) \dots (s - p_N)}$$

ECUACIÓN 9

5.3.2 FILTRO CHEBYSHEV

Se tuvo en cuenta este filtro debido a que las frecuencias bajas son más pronunciadas en este diseño, ya que sus ceros se encuentran en el eje imaginario, en nuestro caso utilizamos un filtro digital que viene incorporado con el software de estudio OpenVIBE, nombrados en honor a Pafnuti Chebyshev, estos filtros son muy usados para separar bandas de frecuencia, son filtros óptimos dado el orden (cantidad de polos). [17]

La aproximación que posee el filtro Chebyshev, genera un rizado en la banda pasante y a medida que aumenta el orden del filtro se incrementa el rizado en la banda.

Figura 8. Función de orden par.

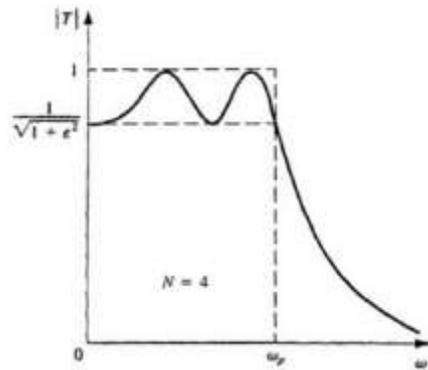
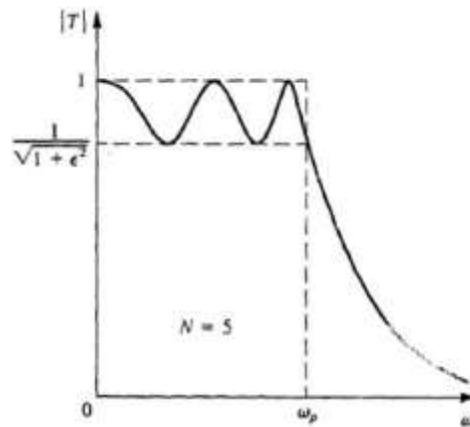


Figura 9. Función de orden impar.



Para $\omega \geq \omega_p$

$$|T(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon^2 \left(\cosh \left[N \cos^{-1} \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right) \right] \right)^2}}$$

ECUACIÓN 11

Para $\omega \leq \omega_p$

$$|T(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon^2}}$$

ECUACIÓN 10

El rizo para un filtro pasa-banda se determina por la siguiente ecuación:

$$A_{MAX} = 10 \log(1 + \epsilon^2)$$

ECUACIÓN 11

Para encontrar el valor de ϵ utilizamos la siguiente ecuación

$$\epsilon = \sqrt{10^{A_{MAX}/10} - 1}$$

ECUACIÓN 12

La atenuación depende si $\omega = \omega_s$

$$A(\omega_s) = 10 \log \left[1 + \epsilon^2 \left(\cosh \left(N \cosh^{-1} \left(\frac{\omega_s}{\omega_p} \right) \right) \right)^2 \right]$$

ECUACIÓN 13

Con la ecuación anterior se puede encontrar el orden mínimo de N que se necesita para obtener una A_{min} . Por lo que $A(\omega_s) \geq A_{min}$, Encontrando el valor entero más bajo del orden del filtro.

Los polos del filtro Chebyshev

$$p_k = -\omega_p \sin \left(\frac{(2k-1)\pi}{2N} \right) \sinh \left(\frac{1}{N} \sinh^{-1} \left(\frac{1}{\epsilon} \right) \right) + j\omega_p \cos \left(\frac{(2k-1)\pi}{2N} \right) \cosh \left(\frac{1}{N} \sinh^{-1} \left(\frac{1}{\epsilon} \right) \right)$$

ECUACIÓN 14

Donde $k=1,2,\dots,N$

Función de transferencia:

$$T(s) = \frac{K\omega_p^N}{\epsilon 2^{N-1}(s-p_1)(s-p_2)\dots(s-p_N)}$$

ECUACIÓN 15

K es la ganancia en DC.

Entre mayor el orden del filtro se comporta casi ideal a un filtro pasa-bajas.

6 OPENVIBE.

El openVIBE es un lenguaje de programación por módulos muy similar al Simulink de Matlab, con la diferencia que este se creó para el tratamiento de señales cerebrales medidas mediante métodos de encefalografía, el programa tiene varios módulos de procesamiento como “adquisición, filtros, transformadas, edición, etc.” donde más adelante se explicaran a profundidad los utilizados. [15]

6.1 Descripción de módulos.

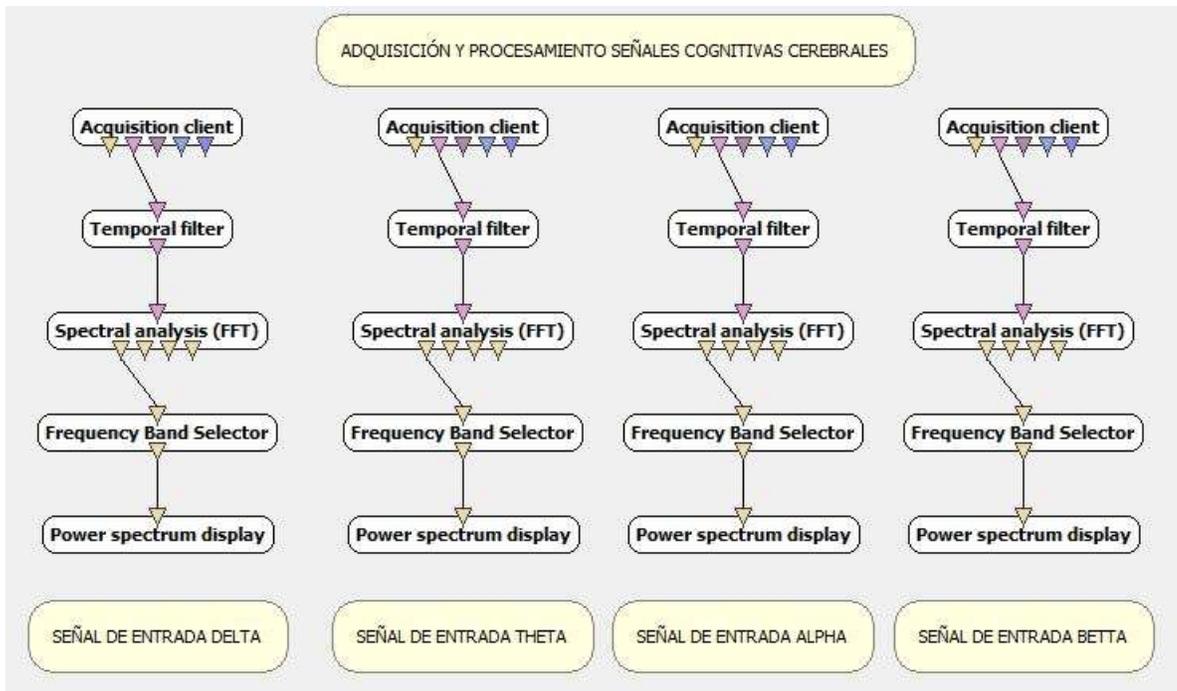
TABLA MODULOS DE PROCESAMIENTO OPENVIBE.	
Modulo	Explicación
	Este módulo se encargará de la adquirir las señales entregadas por el casco emotiv epoc por el puerto 1024 previamente configurado por el openVIBE adquisición server v.1.01.
	Este módulo es el encargado de realizar la primera parte del filtrado, allí encontraremos varios tipos de filtro como Butterworth y Chebychev, donde se podrá configurar todo los tipos de filtración (pasa baja, pasa banda, rechaza banda, pasa alta).
	Este módulo es el encargado de aplicar a la transformada rápida de Fourier, donde el usuario podrá elegir si dese observar la amplitud, la fase, la parte real o la parte imaginaria.
	Este módulo es el encargado de realizar un filtrado secundario donde se asegurara una banda de frecuencia que el usuario necesite analizar.

	<p>Este módulo se encarga de mostrar gráficamente los resultados de la señales obtenidas, en él se pueden configurar el valor a mostrar de los ejes y la selección de canales de adquisición.</p>
---	---

Tabla 2 Explicación de Módulos OpenVIBE.

6.2 Adquisición y procesamiento de señales cognitivas cerebrales.

Figura 10. Algoritmo de adquisición y procesamiento de señales EEG.

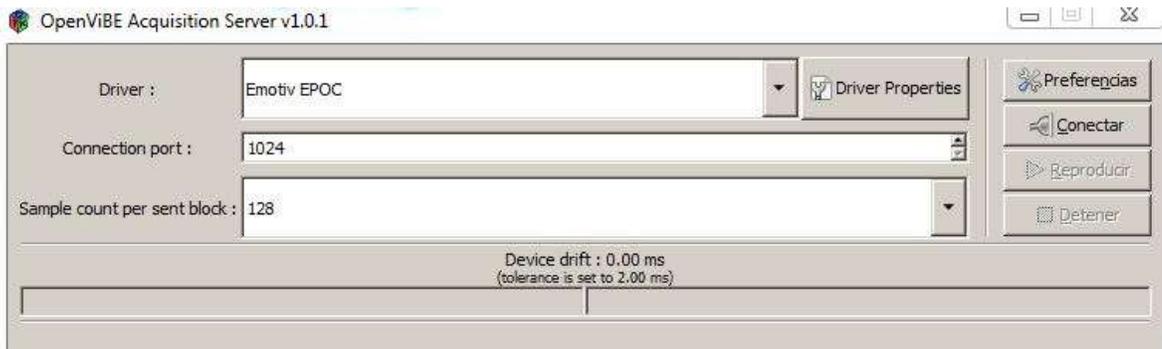


En la figura 26, se muestra la configuración para las 4 señales cognitivas que rigen todo nuestro cerebro para un mayor entendimiento se mostrara y se explicara cómo fue la configuración de cada módulo y el procedimiento que se utilizó:

6.2.1 Adquisición.

En el primer módulo de adquisición configuramos el servidor como se muestra en la figura 27:

Figura 11. Módulo de adquisición de la señal EEG.

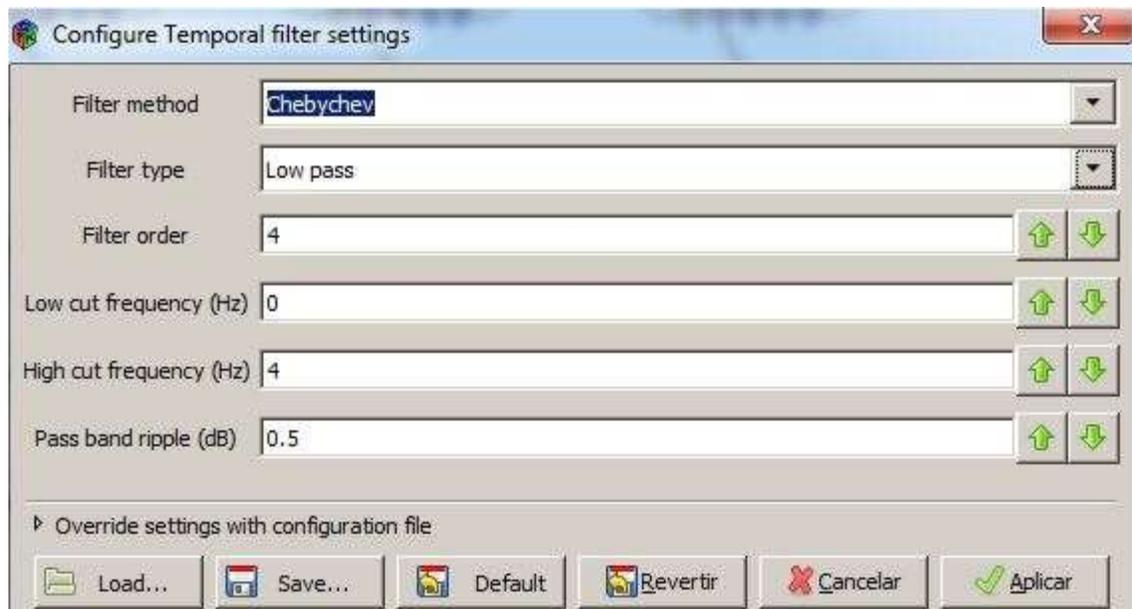


Esta configuración garantiza que las señales obtenidas por el caso emotiv EPOC son dirigidas al módulo de adquisición de openViBE para poder realizar el debido procesamiento. En todas las señales (DELTA, THETA, ALPHA, BETTA) este módulo es constante y no requiere ningún cambio, se debe tener precaución y elegir siempre el puerto 1024 y también elegir una frecuencia de muestreo de 128 ya que el Emotiv EPOC trabaja en ese tiempo.

6.2.2 Pre-filtrado.

El siguiente módulo es el Pre-Filtrado de la señal, esto se hace en el módulo **Temporal filter** y su debida configuración es la siguiente:

Figura 12. Configuración del temporal filter.



Esta configuración se utilizó para la señal cognitiva DELTA, como se muestra en la imagen anterior se utilizó un filtro Chebychev ya que se este se acomoda perfectamente a las frecuencias bajas.

Ya que la señal DELTA tiene un rango de 1 a 4 Hz se aplicó un filtro pasa bajas donde este cortaría idealmente en 4 Hz la frecuencia máxima, para las otras señales se utilizó la siguiente configuración:

- **THETA:** Filtro Butterworth pasa banda con frecuencia límite entre 4 y 8 Hz.
- **ALPHA:** Filtro Butterworth pasa banda con frecuencia límite entre 8 y 14 Hz.
- **BETTA:** Filtro Butterworth pasa alta con frecuencia de corte de 14 Hz.

6.2.3 Espectro Frecuencial.

El siguiente paso en el procesamiento fue sacar la transformada rápida de Fourier para analizar el espectro frecuencial como se muestra en la i figura 29

Figura 13. Configuración del espectro Frecuencial de la señal EEG.



Ya que se analizará el comportamiento de los armónicos, como que tanta cantidad se encuentran presentes en cada señal y con qué amplitud, señalaremos la amplitud en la ventana de configuración.

6.2.4 Post- Filtrado.

Después se realizó el Pos-filtrado ya que debemos garantizar que las señales que vamos a observar se encuentren en el rango se configuro para la Señal cognitiva DELTA de la siguiente forma:

Figura 14. Configuración del pos-filtrado.



Esta configuración cambia para las diferentes señales cognitivas ya que ellas rigen en otra frecuencia:

- **THETA:** Filtro pasa banda con frecuencia límite entre 4 y 8 Hz.
- **ALPHA:** Filtro pasa banda con frecuencia límite entre 8 y 14 Hz.
- **BETTA:** Filtro pasa banda con frecuencia límite entre 14y 33 Hz.

6.2.5 Graficador.

Finalizando el último módulo se encarga de mostrar en pantalla el resultado del procesamiento como se mostrará más adelante en las pruebas realizadas a los sujetos de estudio.

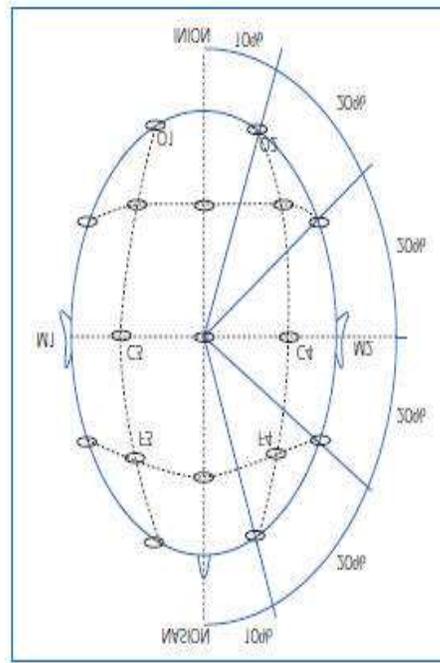
7 CASCO EMOTIV EPOC.

El casco emotiv Eloc es una interfaz de computación cerebral (BCI), la cual es utilizada para la adquisición de señales encefalográficas por medio de 7 pares de electrodos ubicados según el protocolo 10-10 utilizado para la toma de encefalografías en seres humanos. [14]

7.1 Ubicación de los electrodos mediante protocolo 10-10.

El protocolo 10-10 es un sistema o un procedimiento donde se rige la ubicación de los electros sobre el cuero cabelludo del ser humanos, este método se denominó así ya que la distancia real de los electrodos adyacentes de la parte de la nasi3n hasta el ilion es del 10%.

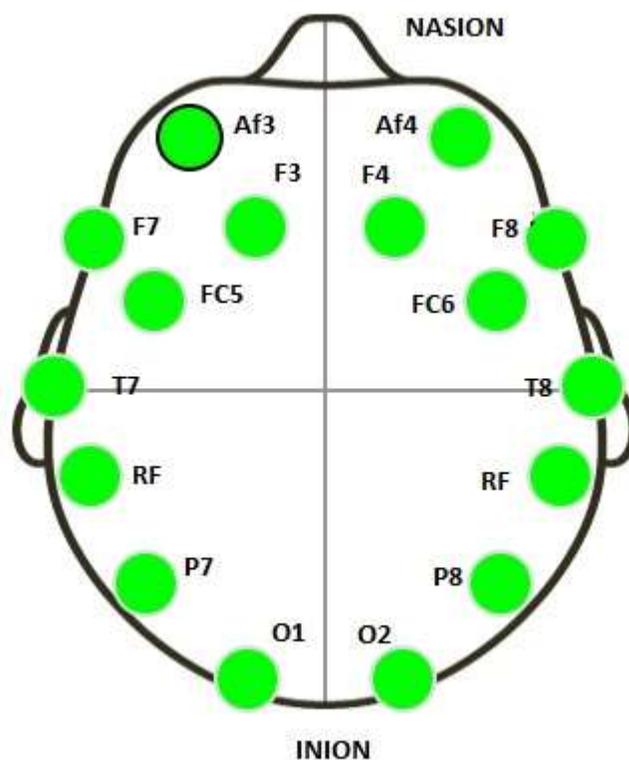
Figura 15. Ubicaci3n de los Electrodos seg3n el protocolo 10-10



7.1.1 Nomenclatura de canales.

En el software SDK Control panel tenemos un diagrama igual al protocolo 10-20 donde se describe la terminolog3a de cada electrodo.

Figura 16. Nomenclatura de Electroodos protocolo 10-20.



Como se observa en la figura 32, se determina una cantidad de 16 canales que describen la distribución cerebral donde se toman partes como la región Frontal, Temporal, parietal, y la occipital.

Existen dos canales adicionales que son RF estos canales son llamadas referencias, son las encargada de obtener un punto de potencial 0 para cerrar todo el circuito.

Electrodo izquierdo	Electrodo derecho	Marca internacional izquierda	Marca internacional derecha	Posición
1	2	FP ₁	FP ₂	Polo frontal
3	4	F ₃	F ₄	Frontal
5	6	C ₃	C ₄	Central
7	8	P ₃	P ₄	Parietal
9	10	O ₁	O ₂	Occipital
13	14	F ₇	F ₈	Temporal anterior
15	16	T ₃	T ₄	Media temporal
17	18	T ₅	T ₆	Temporal posterior
19	19	F _Z	F _Z	Línea media frontal
24	24	C _Z	C _Z	Línea media central
20	20	P _Z	P _Z	Línea media parietal
11	12	A ₁	A ₂	Auricular

Tabla 3. Posición y nomenclatura de electrodos según protocolo 10-20.

En la Tabla 3 se observa cada nomenclatura de los canales y su ubicación cerebral, donde cada parte estará regida por las 4 señales cognitivas (DELTHA, THETA, ALPHA, BETTA) y a su vez cada posición tendrá una función específica en nuestro cerebro.

8 PROTOCOLO DE INICIALIZACIÓN DE PRUEBAS.

Para asegurar unos resultados más ordenados y minimizar al máximo errores durante la medición, se estableció un protocolo de inicialización para realizar las pruebas sobre cada persona, realizando una serie de pasos ordenados para completar todo el procedimiento cómo se muestra a continuación.

- Realizar la primera parte de la encuesta donde se determina datos personales y actividades que frecuenta el sujeto de estudio.
- Explicar el procedimiento a realizar a la persona mediante el consentimiento informativo entregado con la encuesta
- Ubicar al sujeto de estudio en un lugar tranquilo donde se sienta cómodo y a gusto para iniciar el proceso.
- Revisar el casco Emotiv Epop, colocando sus 16 electrodos y humedeciéndolos para tener una mejor conductividad y una señal más limpia.
- En el software “SDK Emotiv Control panel” tener un monitoreo de los sensores conectados al casco para garantizar que mantengan una buena conexión y no ocurran interferencias electromagnéticas
- El sujeto de estudio se le tomará una prueba de reconocimiento emocional donde se inferirá en qué estado se encuentra antes de tomar la primera prueba de estímulo cognitivo.
- Se preparará al sujeto de estudio para la primera prueba donde se le prestará unos audífonos para escuchar los sonidos ambientales y tomar simultáneamente datos en el pc.
- Realizar la adquisición de datos mediante el programa OpenVIBE analizando las ondas frecuenciales correspondientes al área de estudio.
- Después de terminada la primera prueba se le dará un lapso de 5 minutos al sujeto de estudio para un descanso auditivos y se procederá a la segunda y última prueba.
- Nuevamente se le prestará los audífonos al sujeto y se realizará el procedimiento anterior descrito en la primera prueba.

- Después de terminadas ambas pruebas se procederá a realizar la segunda parte de la encuesta donde se determinará los efectos emocionales que dieron como resultado las dos pruebas realizadas.
- Finalmente se organizarán los datos de cada sujeto para realizar los estudios posteriores y obtener un resultado estadístico.

8.1 Consentimiento Informado.

Se realizó un formato para informar a cada sujeto de estudio sobre la prueba que se le realizaría, a continuación mostraremos el formato en blanco entregado.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del proyecto:

EFFECTOS DE LOS SONIDOS DE ENTORNO SOBRE LOS NIVELES COGNITIVOS CEREBRALES.

Objeto del proyecto:

Analizar y comprender los fenómenos asociados del ruido ambiental sobre los niveles cognitivos cerebrales (ALPHA-BETHA-GAMMA-DELTA) mediante estímulos auditivos a sujetos de estudio y un análisis de intensidad y frecuencia de los sonidos, según su impacto sobre las señales electroencefalográficas que serán capturadas mediante el sistema emotiv epoc.

Que se propone en este estudio:

Se observará el comportamiento de las ondas cerebrales durante la ejecución de tareas rutinarias, la forma en cual se va a determinar dicho comportamiento es por medio de una **encuesta** que se le realizara al sujeto de estudio. Simultáneamente se le estará aplicando un estímulo auditivo (sonidos pre-grabados de ambiente) al sujeto donde a este se le monitoreará la ondas cerebrales mediante el casco emotiv. Según las respuestas dadas, se organizará un cuadernillo donde se tomarán todos los datos, posteriormente se ordenarán y se analizarán para determinar la relación entre los sonidos del entorno y los estados emocionales de las personas según sus ondas cerebrales. Se determinara los procesos de inclusión y exclusión de los sujetos de estudio.

Tiempo requerido:

El tiempo estimado para cada prueba será de 20 a 30 minutos.

Riesgos o efectos secundarios:

Este procedimiento no conlleva ningún riesgo ni efecto secundario sobre el paciente de estudio ya que **NO** se toma como una prueba **Invasiva**.

Confidencialidad:

El proceso será estrictamente confidencial, sus resultados no serán utilizados en informes o proyectos de investigación externos a este.

Participación voluntaria:

La participación es estrictamente voluntaria

Derecho a retirarse del estudio:

El participante tendrá derecho de retirarse del estudio en cualquier momento. No habrá ningún tipo de sanción o represalias.

A quien contactar en caso de preguntas:

Ruben Dario Romero, Ejecutor del proyecto Cel: 3125366384

Cristhian M. Estrada, Ejecutor del proyecto Cel: 3217822331

AUTORIZACIÓN

Yo _____, Con documento de identidad CC _____, certifico que he sido informado con la claridad y veracidad respecto al ejercicio académico que me han invitado a participar; que actúo libre y voluntariamente como colaborador, contribuyendo de forma activa a este proyecto.

Firma Sujeto de estudio

Firma Ejecutor del Proyecto

8.2 Encuesta Emocional.

Cumpliendo uno de los objetivos propuestos en este trabajo se realizó una encuesta emocional la cual cada sujeto de estudio contestó, y con dicha información se organizó un cuadernillo para analizar y comparar estos datos con las señales medidas.

ENCUESTA DE INFORMACION EMOCIONAL
TESIS DE GRADO CRISTHIAN M. ESTRADA – RUBEN D. ROMERO

DATOS GENERALES			
1.1. Nombre de la persona encuestada :			
1.2. Ubicación (Ciudad – Departamento):			
1.3. Edad	1.4 Número de hijos:		
1.5. Ocupación			
1.6. Teléfono contacto:	1.7. Correo electrónico:		
1.8. Tipo de establecimiento. Marque con una x una de las siguientes categorías: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input type="checkbox"/> 1. Agencia de Viajes <input type="checkbox"/> 2. Colegio-Universidad. <input type="checkbox"/> 3. Barracas – Ferreterías <input type="checkbox"/> 4. Cooperativas de Consumo <input type="checkbox"/> 5. Fabrica Industrial <input type="checkbox"/> 6. Casas de electrodomésticos <input type="checkbox"/> 7. Farmacias y perfumerías <input type="checkbox"/> 8. Supermercados - Autoservicios </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input type="checkbox"/> 9. Empresa Privada <input type="checkbox"/> 10. Vestimenta y Calzado <input type="checkbox"/> 11. Informática, Hardware y Software <input type="checkbox"/> 12. Hoteles <input type="checkbox"/> 13. Bares - Restaurantes <input type="checkbox"/> 14. Hogar. <input type="checkbox"/> 15. Estaciones de servicio <input type="checkbox"/> 16. Otra, especifique: _____ </td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> 1. Agencia de Viajes <input type="checkbox"/> 2. Colegio-Universidad. <input type="checkbox"/> 3. Barracas – Ferreterías <input type="checkbox"/> 4. Cooperativas de Consumo <input type="checkbox"/> 5. Fabrica Industrial <input type="checkbox"/> 6. Casas de electrodomésticos <input type="checkbox"/> 7. Farmacias y perfumerías <input type="checkbox"/> 8. Supermercados - Autoservicios	<input type="checkbox"/> 9. Empresa Privada <input type="checkbox"/> 10. Vestimenta y Calzado <input type="checkbox"/> 11. Informática, Hardware y Software <input type="checkbox"/> 12. Hoteles <input type="checkbox"/> 13. Bares - Restaurantes <input type="checkbox"/> 14. Hogar. <input type="checkbox"/> 15. Estaciones de servicio <input type="checkbox"/> 16. Otra, especifique: _____
<input type="checkbox"/> 1. Agencia de Viajes <input type="checkbox"/> 2. Colegio-Universidad. <input type="checkbox"/> 3. Barracas – Ferreterías <input type="checkbox"/> 4. Cooperativas de Consumo <input type="checkbox"/> 5. Fabrica Industrial <input type="checkbox"/> 6. Casas de electrodomésticos <input type="checkbox"/> 7. Farmacias y perfumerías <input type="checkbox"/> 8. Supermercados - Autoservicios	<input type="checkbox"/> 9. Empresa Privada <input type="checkbox"/> 10. Vestimenta y Calzado <input type="checkbox"/> 11. Informática, Hardware y Software <input type="checkbox"/> 12. Hoteles <input type="checkbox"/> 13. Bares - Restaurantes <input type="checkbox"/> 14. Hogar. <input type="checkbox"/> 15. Estaciones de servicio <input type="checkbox"/> 16. Otra, especifique: _____		
2. ¿CÓMO SE SIENTE EN SU LUGAR DE TRABAJO?			
<input type="checkbox"/> 1. Satisfecho <input type="checkbox"/> 2. Algo inseguro <input type="checkbox"/> 3. Estresado <input type="checkbox"/> 4. Cansado.			
3. ¿HA SUFRIDO DE ENFERMADADES O PROBLEMAS SICOLÓGICOS?			
<input type="checkbox"/> 1. Si: _____ <input type="checkbox"/> 2. No De ser SI su respuesta cual sería: _____			
DATOS POSTERIORES A LA PRUEBA			
4. ¿Se Sintió cómodo durante la prueba?			

<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO (OPCIONAL): ¿Por qué? _____	
5. Cual Fue Estado de ánimo durante la primera prueba:	
Prueba:	
<input type="checkbox"/> 1. Estresado. <input type="checkbox"/> 2. Enojado. <input type="checkbox"/> 3. Angustiado. <input type="checkbox"/> 4. Neutro. <input type="checkbox"/> 5. Cómodo. <input type="checkbox"/> 6. Entusiasmado. <input type="checkbox"/> 7. OTRO: _____.	
6. Cual Fue Estado de ánimo durante la Última prueba:	
Prueba:	
<input type="checkbox"/> 1. Estresado. <input type="checkbox"/> 2. Enojado. <input type="checkbox"/> 3. Angustiado. <input type="checkbox"/> 4. Neutro. <input type="checkbox"/> 5. Cómodo. <input type="checkbox"/> 6. Entusiasmado. <input type="checkbox"/> 7. OTRO: _____.	
7. Fue Consiente de la Prueba Realizada?	
<input type="checkbox"/> 1. SI <input type="checkbox"/> 2. NO me informaron nada.	
8. Se le realizo el protocolo adecuado?	
<input type="checkbox"/> 1. Si se cumplió a cabalidad. <input type="checkbox"/> 2. Fue regular el procedimiento. ¿Por qué?: _____ <input type="checkbox"/> 3. No tenía ningún conocimiento respecto al protocolo.	
9. ¿Le gustaría Ser informado de los resultados?	
<input type="checkbox"/> 1. SI <input type="checkbox"/> 2. NO	
FIRMA DEL ENCUESTADO	FIRMA DEL EJECUTOR DE LA PRUEBA

9 PRUEBAS SOBRE SUJETOS DE ESTUDIO.

9.1 Pruebas de Encefalografía.

Este proceso consiste en analizar la parte frontal cerebral mediante el análisis de los 4 sensores (AF3-F3-F4-AF4), ubicados en la parte frontal según el protocolo 10-10, se analiza dicha área ya que se quiere comprobar que en esa área cerebral se regulan las emociones, estado de ánimo del ser humano y comportamiento[10].

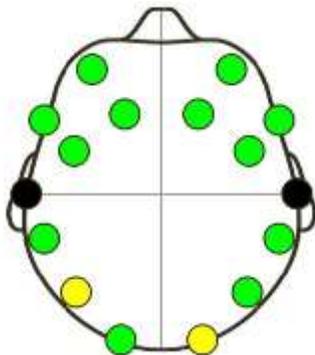
Se seleccionó un grupo aleatorio de 10 personas a las cuales se les aplicó la prueba, y posteriormente para ayuda del análisis se les practicó una encuesta donde los resultados serán analizados para dar una conclusión.

Al iniciar la prueba se registró gráficamente la conexión y el estado de los electrodos de cada paciente.

9.1.1 Conexión Electrodo a Sujetos de Estudio.

Figura 17. Conexión Electrodo Sujetos de Estudio

- Sujeto de estudio # 1:



- Sujeto de estudio # 2:

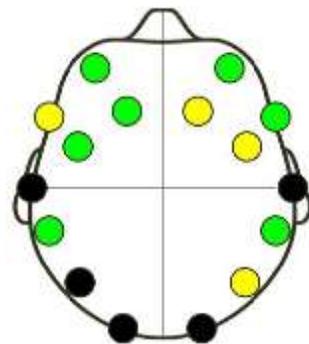
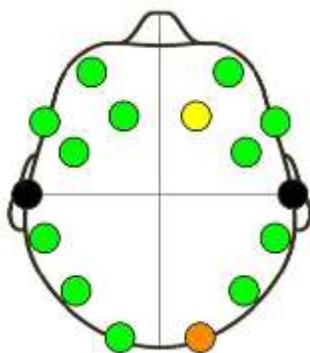
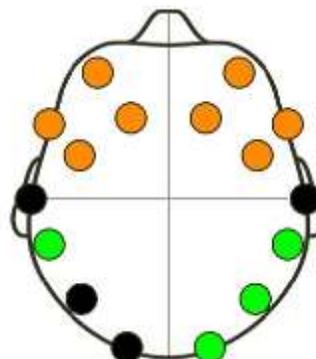


Figura 18. Conexión Electrodo Sujetos de Estudio

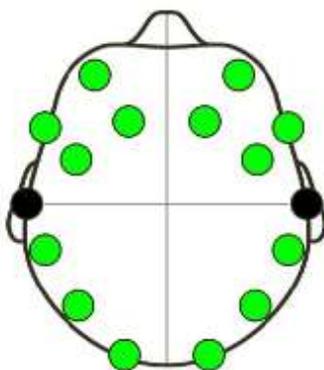
- Sujeto de estudio # 3:



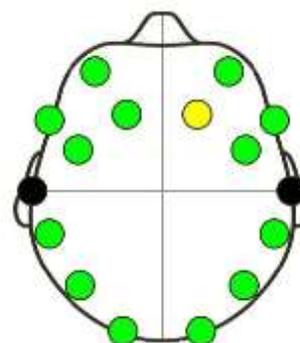
- Sujeto de estudio # 6:



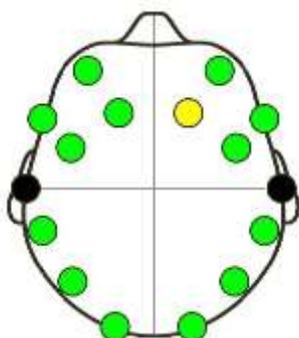
- Sujeto de estudio # 4:



- Sujeto de estudio # 7:



- Sujeto de estudio # 5:



- Sujeto de estudio # 8:

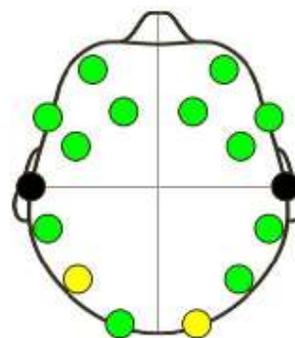
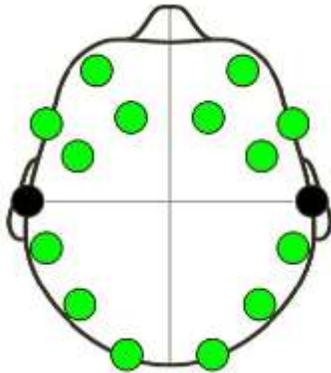
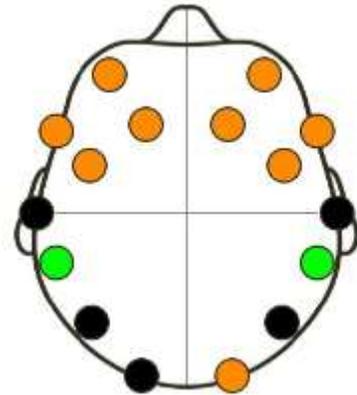


Figura 19. Conexión Electrodo Sujetos de Estudio

- Sujeto de estudio # 9:



- Sujeto de estudio # 10



Para guardar la confidencialidad de las personas, no utilizaremos los nombres directos en esta parte y se les denominaran sujeto de estudio. En el grupo de 10 personas, 6 eran mujeres y 4 hombres según la imagen de conexión el casco Emotiv Eporc maneja diferentes grados de conexión representados por colores.

Verde: Electrodo Muy bien conectado y sin ruido.

Amarillo: Electrodo bien conectado con poco ruido

Naranja: Electrodo regularmente conectado con ruido considerable.

Rojo: Electrodo Mal Conectado y con mucho Ruido.

Negro: No se encuentra el electrodo conectado

Como se explicó anteriormente se analizaron solo 4 electrodos (AF3-F3-F4-AF4), donde se presentaron algunas dificultades como se explica en el siguiente cuadro.

# SUJETO	GENERO	ESTADOS DE LOS SENSORES			
		AF3	F3	F4	AF4
1	M	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE
2	F	VERDE	VERDE	AMARILLO	VERDE
3	M	VERDE	VERDE	AMARILLO	VERDE
4	F	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE
5	F	VERDE	VERDE	AMARILLO	VERDE
6	F	NARANJA	NARANJA	NARANJA	NARANJA
7	F	VERDE	VERDE	AMARILLO	VERDE
8	F	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE
9	M	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE
10	F	NARANJA	NARANJA	NARANJA	NARANJA

Tabla 4. Estados de los sensores sobre sujetos de estudio.

Figura. 20 Dato estadístico Conexión hombres.

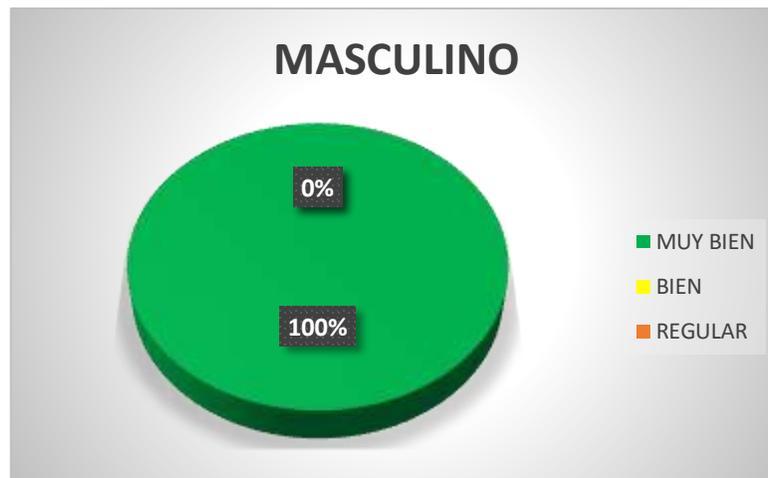
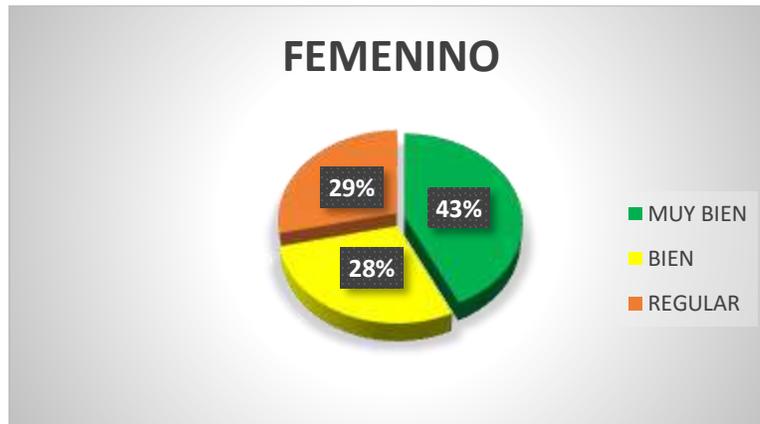


Figura 21. Dato estadístico conexión mujeres.



De las figuras 36 y 37, se puede inferir que el 100% de los hombres que se le realizó la prueba se logró establecer una conexión perfecta, a diferencia de las mujeres que se logró un 57% de conexión perfecta un 29% de una buena conexión y un 14% de una conexión inestable.

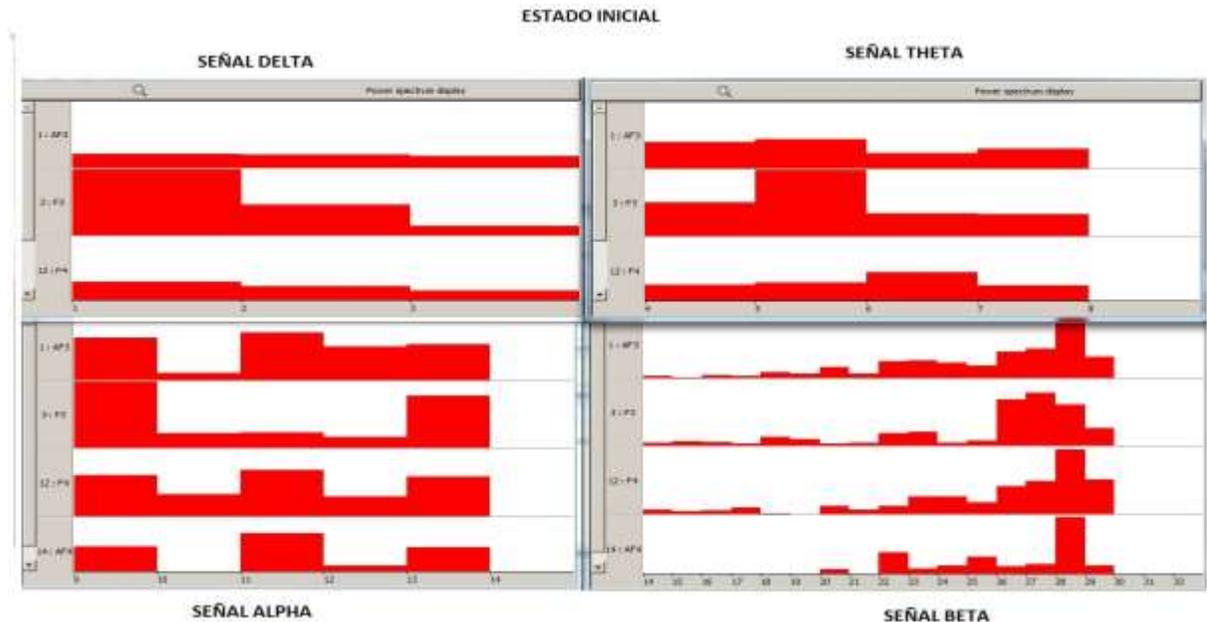
Se comprobó que dicha inestabilidad en la conexión del género femenino se debe a que ellas manejan una gran cantidad de cabello y por tal razón se dificulta la conexión directa de los electros con la corteza cerebral o el cuero cabelludo, esta inestabilidad se podría mejorar humedeciendo el cabello para que así haya una mejor conductividad eléctrica.

9.2 Prueba Inicial sin estímulos auditivos.

Después de explicar el protocolo para el inicio de pruebas del capítulo 8, a cada sujeto de estudio se le realizó un procedimiento encefalográfico inicial para inferir en qué estado se encuentra la persona antes de iniciar la estimulaciones auditivas, a continuación se anexa cada imagen tomada desde la interfaz OpenVIBE.

Figura 22. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

- **Sujeto de estudio # 1:**

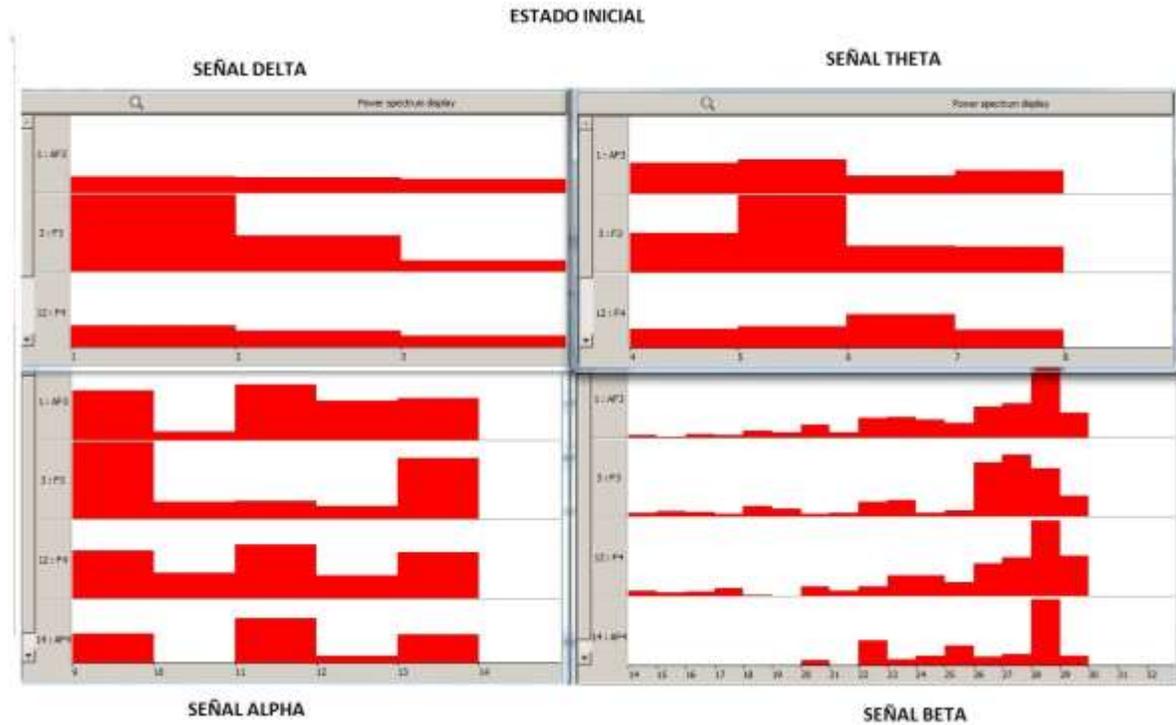


De la figura 38 se observan 4 recuadros que corresponden a las 4 señales encefalográficas de actividad cognitiva cerebral en el área frontal, cada recuadro se le aplico un límite en el eje X para observar con mayor facilidad los comportamientos de las ondas.

Del sujeto número 1 se observa una presencia de armónicos considerables de 26 a 30 Hz además actividad cerebral en las otra señales por lo que se puede inferir que el sujeto llevo en un estado activo o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral normalmente activa.

Figura 23. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

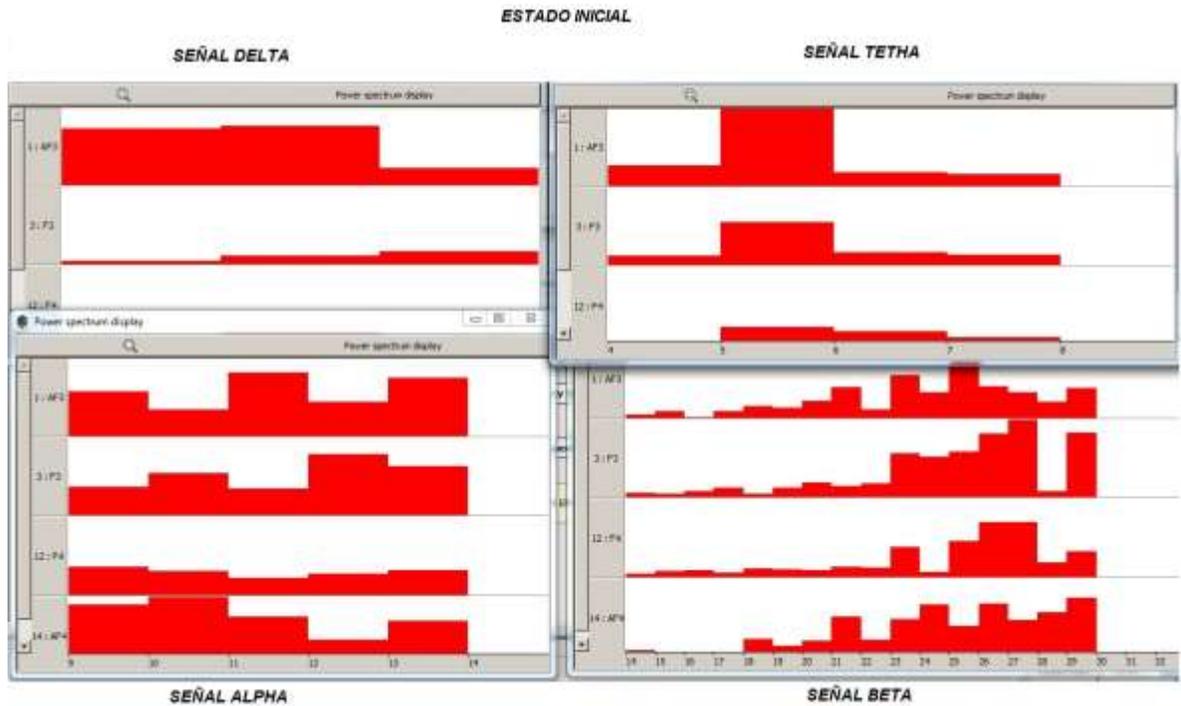
- **Sujeto de estudio # 2:**



Del sujeto número 2 se observa una presencia de armónicos entre 27 a 30 Hz además actividad cerebral en las otra señales por lo que se puede inferir que el sujeto llego en un estado activo o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral normalmente activa.

Figura 24. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

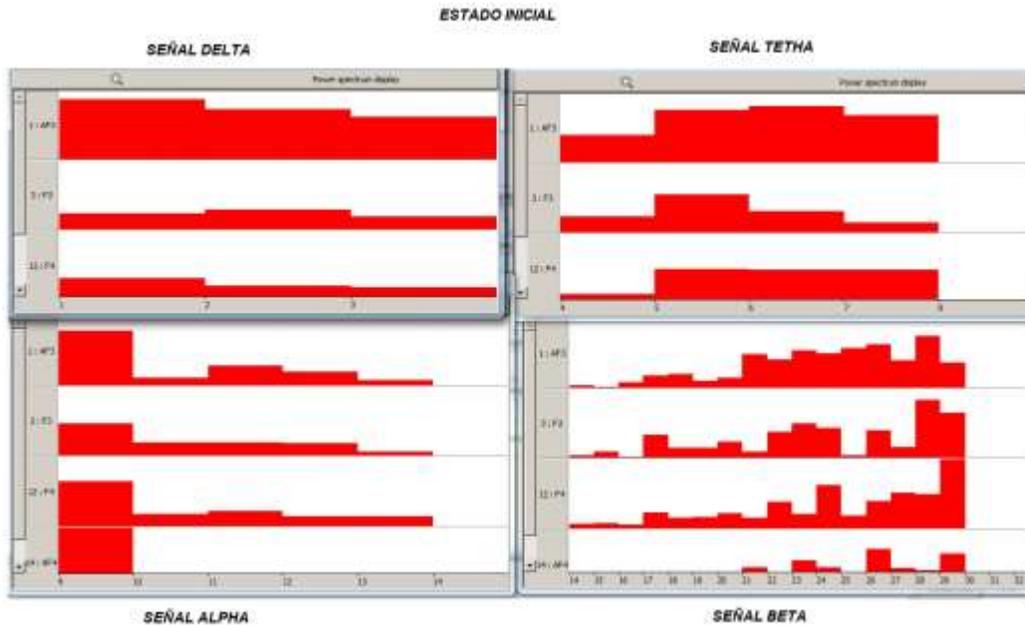
- **Sujeto de estudio # 3:**



Del sujeto número 3 se observa una gran cantidad de armónicos entre 21 a 30 Hz además actividad cerebral baja en las otras señales por lo que se puede inferir que el sujeto llego en un estado agitado o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral Altamente activa.

Figura 25. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

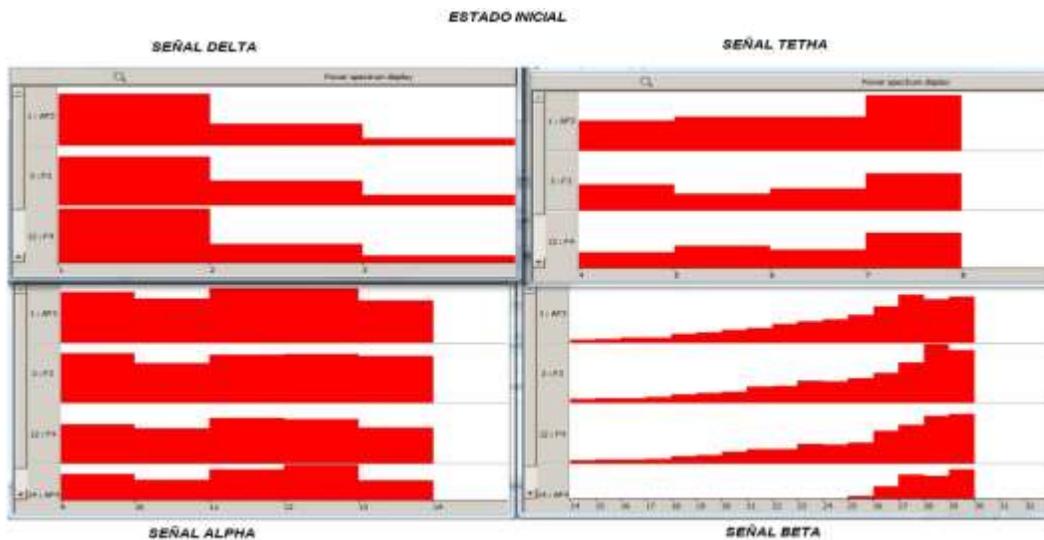
- Sujeto de estudio # 4:



Del sujeto número 4 se observa una gran cantidad de armónicos entre 24 a 30 Hz además actividad cerebral muy baja en la señal ALPHA y baja en las otras señales por lo que se puede inferir que el sujeto llego en un estado muy agitado o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral Altamente activa.

Figura 26. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

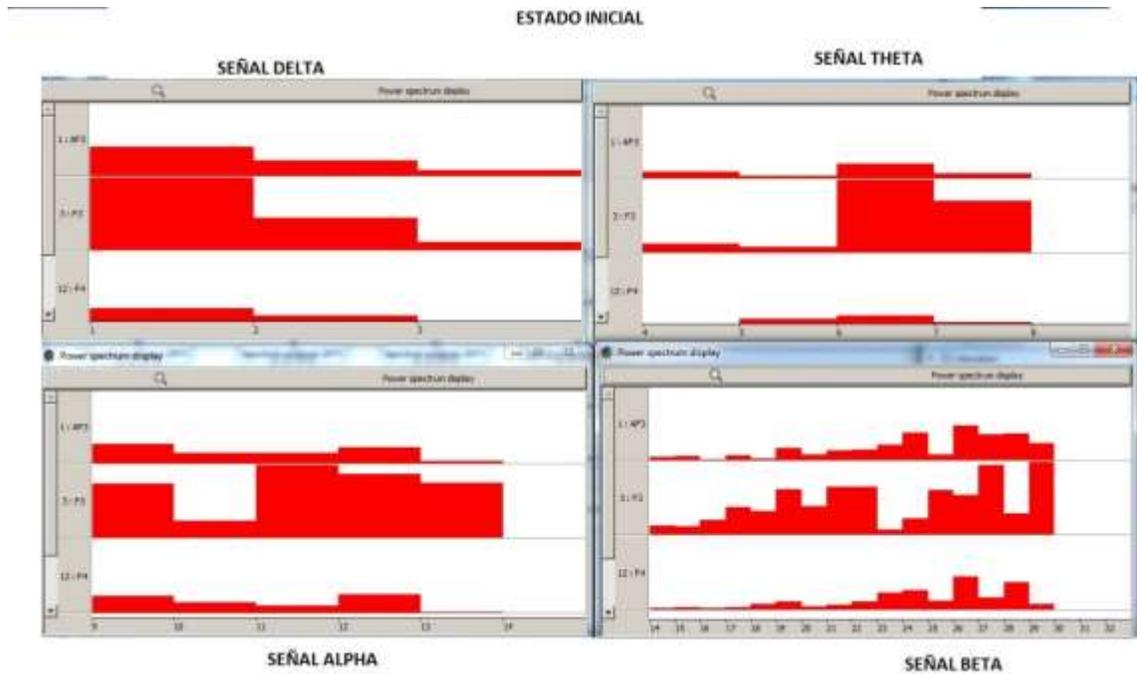
- Sujeto de estudio # 5:



Del sujeto número 5 se observa una gran cantidad de armónicos entre 18 a 30 Hz además actividad cerebral muy alta en la señal cognitiva ALPHA y baja en las otras señales por lo que se puede inferir que el sujeto llegó en un estado supremamente agitado o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral Altamente activa.

Figura 27. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

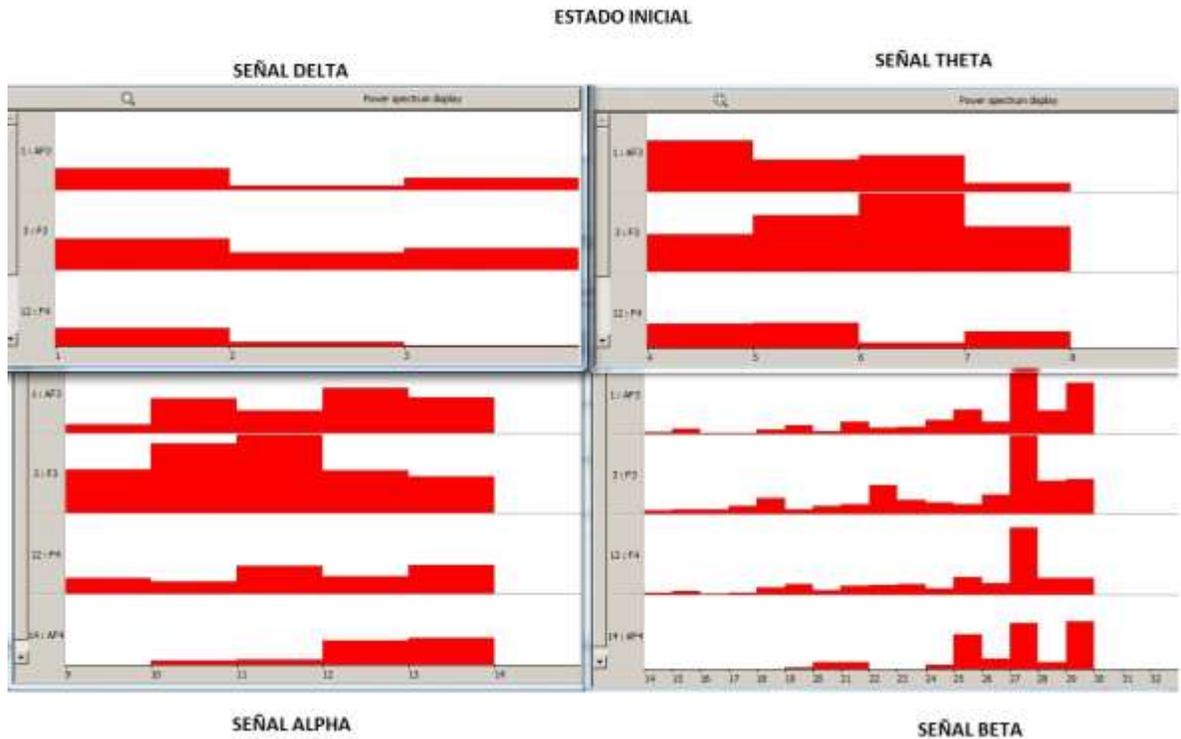
- Sujeto de estudio # 6:



Del sujeto número 6 se observa una gran cantidad de armónicos entre 16 a 30 Hz además actividad cerebral muy alta en la señal cognitiva ALPHA y muy baja en las otras señales por lo que se puede inferir que el sujeto llegó en un estado supremamente agitado o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral Altamente activa.

Figura 28. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

- Sujeto de estudio # 7:



Del sujeto número 7 se observa un poca cantidad de armónicos entre 25 a 30 Hz además actividad cerebral baja en la señal cognitiva ALPHA y alta en las otras señales por lo que se puede inferir que el sujeto llego en un estado tranquilo o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral apaciguada.

Figura 29. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

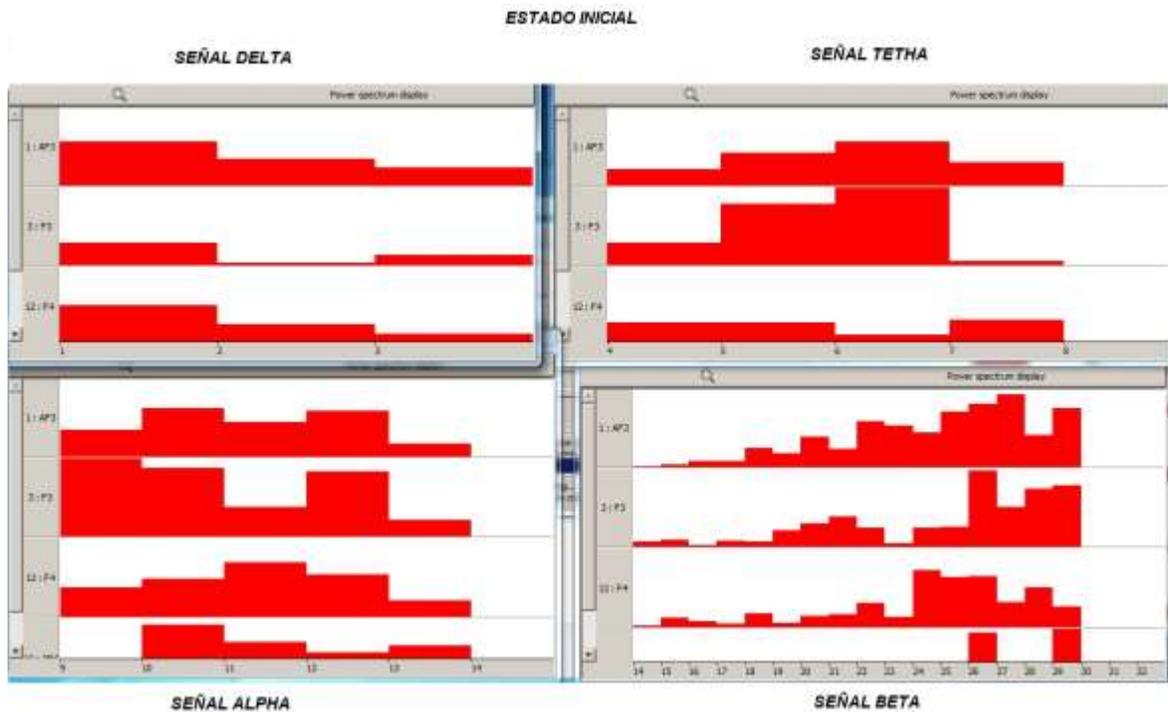
- Sujeto de estudio # 8:



Del sujeto número 8 se observa una gran cantidad de armónicos entre 15 a 30 Hz además actividad cerebral muy alta en la señal cognitiva ALPHA y alta en las otras señales por lo que se puede inferir que el sujeto llegó en un estado supremamente agitado o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral Altamente activa.

Figura 30. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

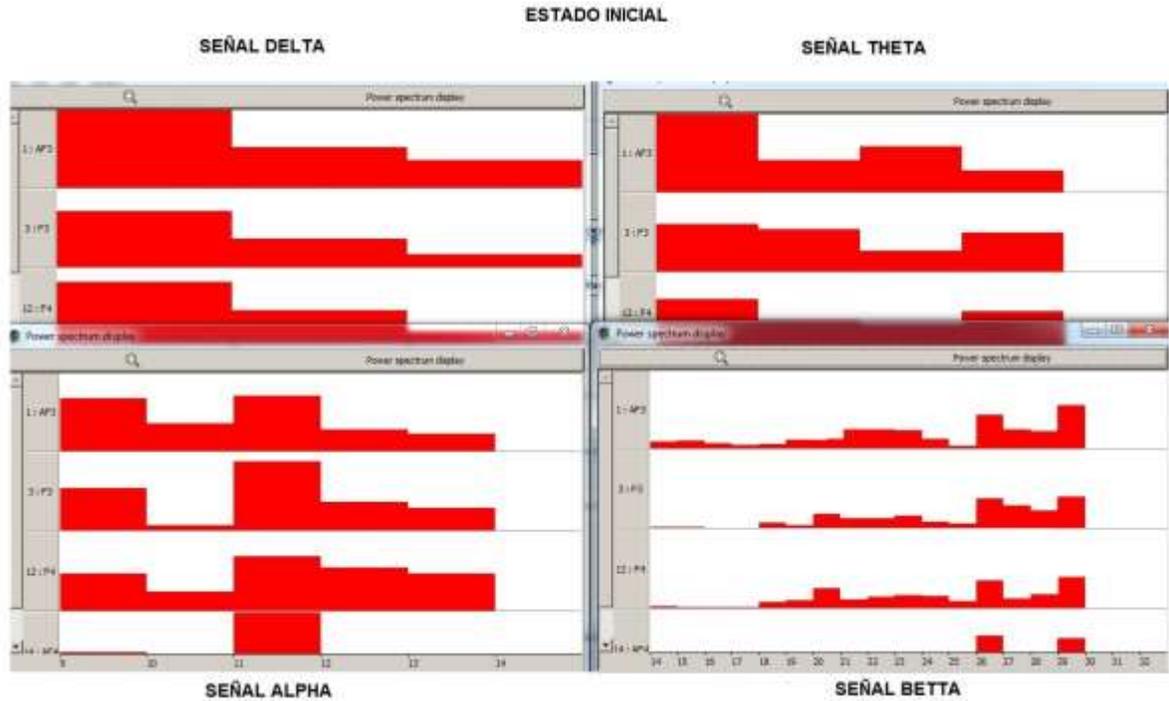
- Sujeto de estudio # 9:



Del sujeto número 9 se observa una gran cantidad de armónicos entre 24 a 30 Hz además actividad cerebral muy alta en la señal cognitiva ALPHA y alta en las otras señales por lo que se puede inferir que el sujeto llegó en un estado supremamente agitado o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral Altamente activa.

Figura 31. Señales EEG sujeto de estudio prueba inicial.

- Sujeto de estudio # 10:



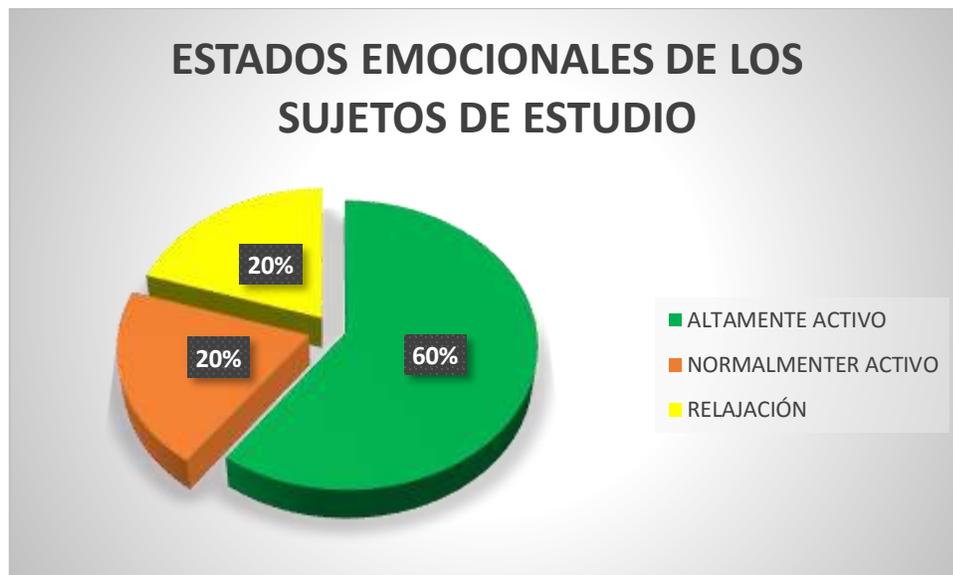
Del sujeto número 10 se observa un poca cantidad de armónicos entre 25 a 30 Hz además actividad cerebral baja en la señal cognitiva ALPHA y alta en las otras señales por lo que se puede inferir que el sujeto llego en un estado tranquilo o después de una rutina que conllevara una actividad cerebral apaciguada.

9.2.1 Datos ordenados en la prueba

# SUJETO	ESTADOS EMOCIONALES		
	ALTAMENTE ACTIVO	NORMALMENTER ACTIVO	RELAJACIÓN
1		X	
2		X	
3	X		
4	X		
5	X		
6	X		
7			X
8	X		
9	X		
10			X

Tabla 5. Datos ordenados sobre prueba inicial.

Figura 32. Datos estadísticos Prueba inicial.



De la Figura 48 se puede deducir que la mayoría de personas que se realizó la encuesta llegaron en un estado de alteración, esto se puede comparar con los datos obtenidos en la encuesta realizada a cada sujeto donde se relaciona su entorno laboral o cotidiano.

9.2.2 Respuestas entregadas en la encuesta.

# SUJETO	ESTADOS EMOCIONALES RUTINARIOS			
	SATISFECHO	CANSADO	ALGO INSEGURO	ESTRESADO
1	X			
2		X		
3			X	
4	x			
5		X		
6				X
7		X		
8				X
9	X			
10				X

Tabla 6. Datos ordenados entregados por la encuesta pregunta # 2.

Figura 33. Datos estadísticos entregados por la encuesta pregunta # 2.



Existe gran relación de los datos obtenidos en la encuesta con respecto a las señales dadas por el OpenVIBE ya que si tomamos en cuenta una persona

Estresada y Cansada se infiere que su rutina está bajo un nivel alto de actividad cognitiva, que fue lo demostrado por la figura 49.

También se analiza que un 30 % de personas respondió que se sentía satisfecha en su lugar de trabajo, donde se infiere que su nivel cognitivo es normal.

9.3 Prueba Estimulo Auditivo Fuerte.

Como se explicó en el protocolo del capítulo número 8 la siguiente prueba a realizar fue la estimulación auditiva fuerte, al sujeto de estudio se estimuló con la señal de entrada mostrada en la Figura 3 y Figura 4, las cuales recreaban un ambiente industrial y sumamente ruidoso.

Antes de comenzar la prueba se les realizó un ensayo de volumen, ajustando dicho valor a un nivel considerable y tolerable por las personas para evitar consecuencias de daño auditivo.

A continuación se mostrará las gráficas entregadas por la herramienta OpenVIBE

- **Sujeto de estudio # 1:**

Figura 34. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva fuerte.

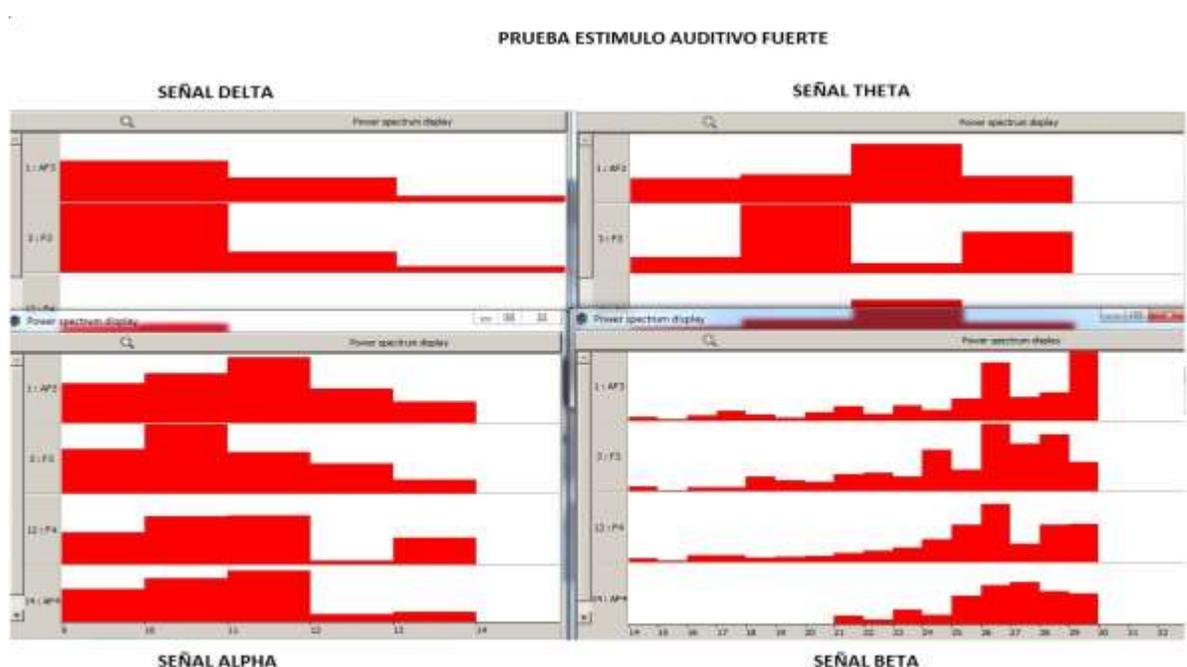
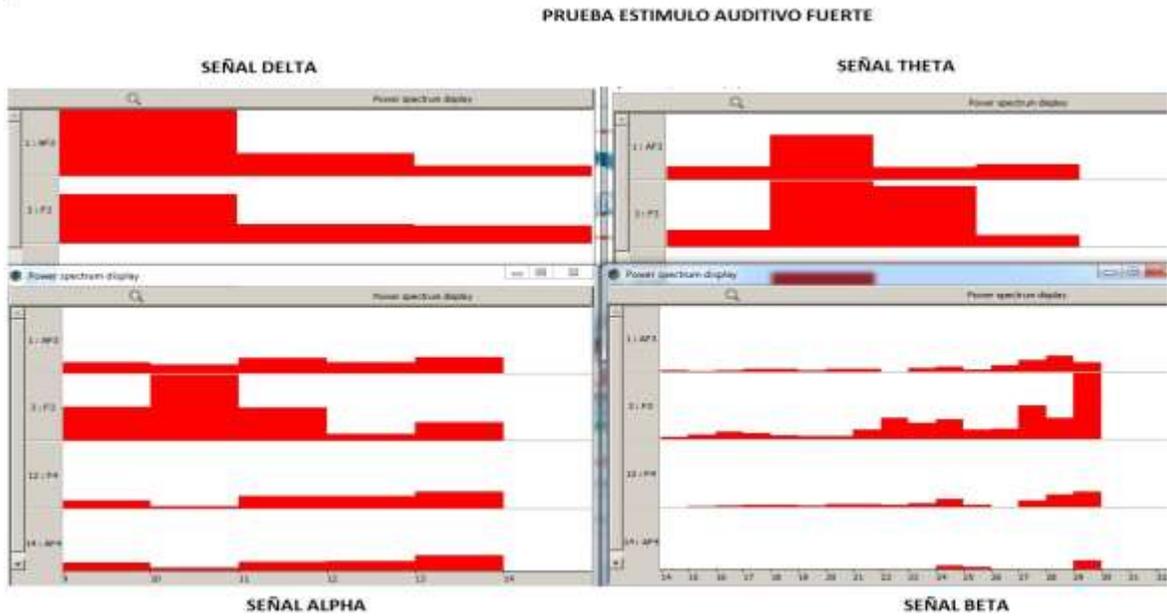


Figura 35. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva fuerte.

- **Sujeto de estudio #2:**



- **Sujeto de estudio # 3:**

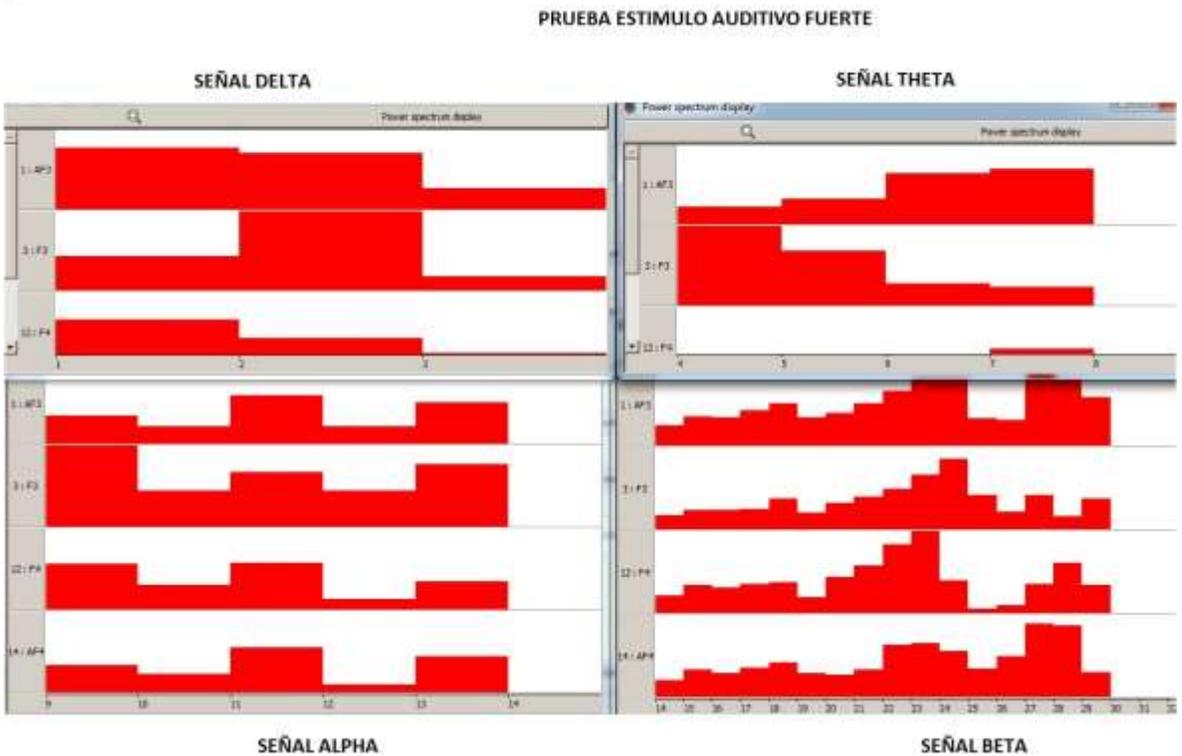
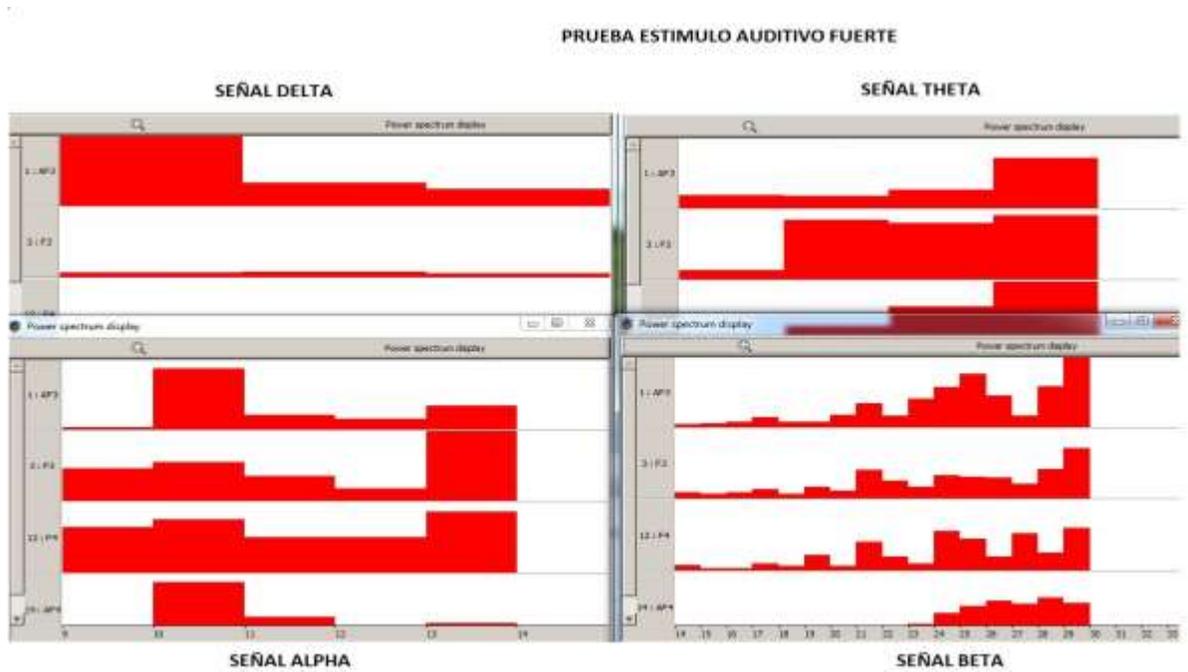


Figura 36. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva fuerte.

- **Sujeto de estudio # 4:**



- **Sujeto de estudio # 5:**

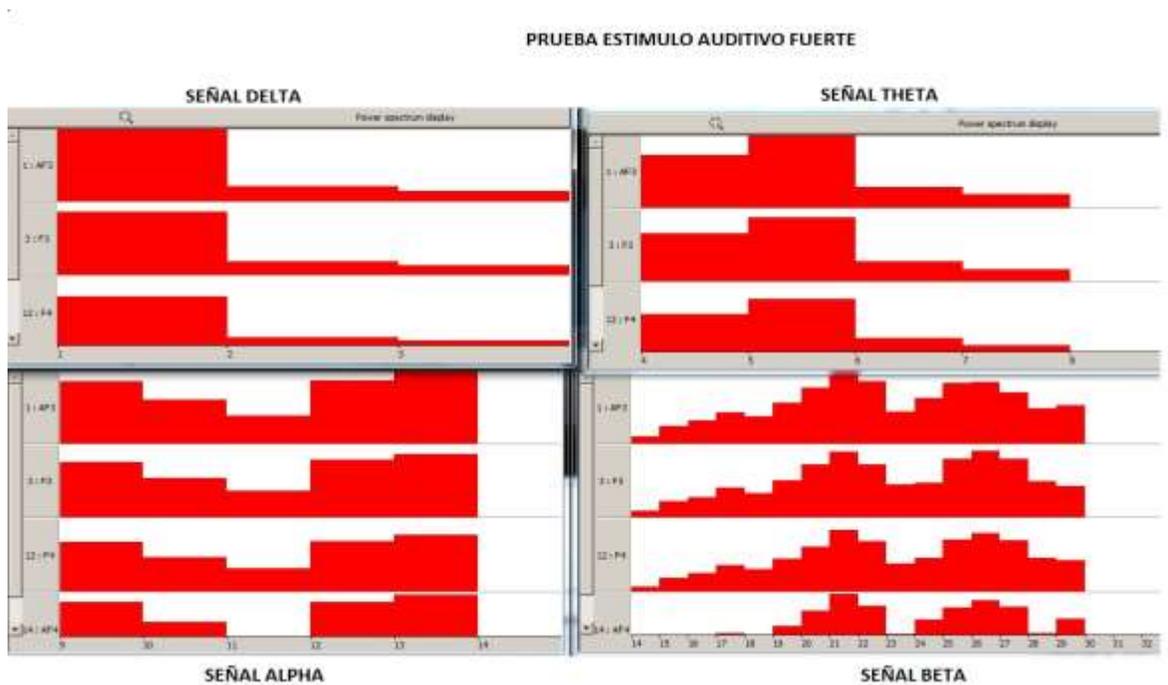
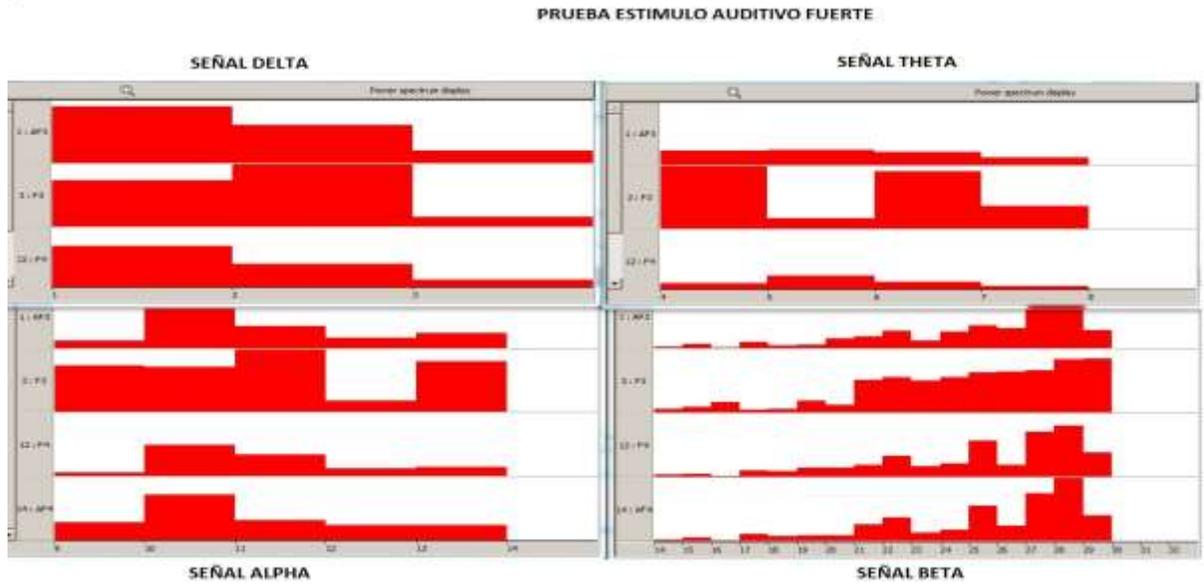


Figura 37. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva fuerte.

- **Sujeto de estudio # 6:**



- **Sujeto de Estudio # 7:**

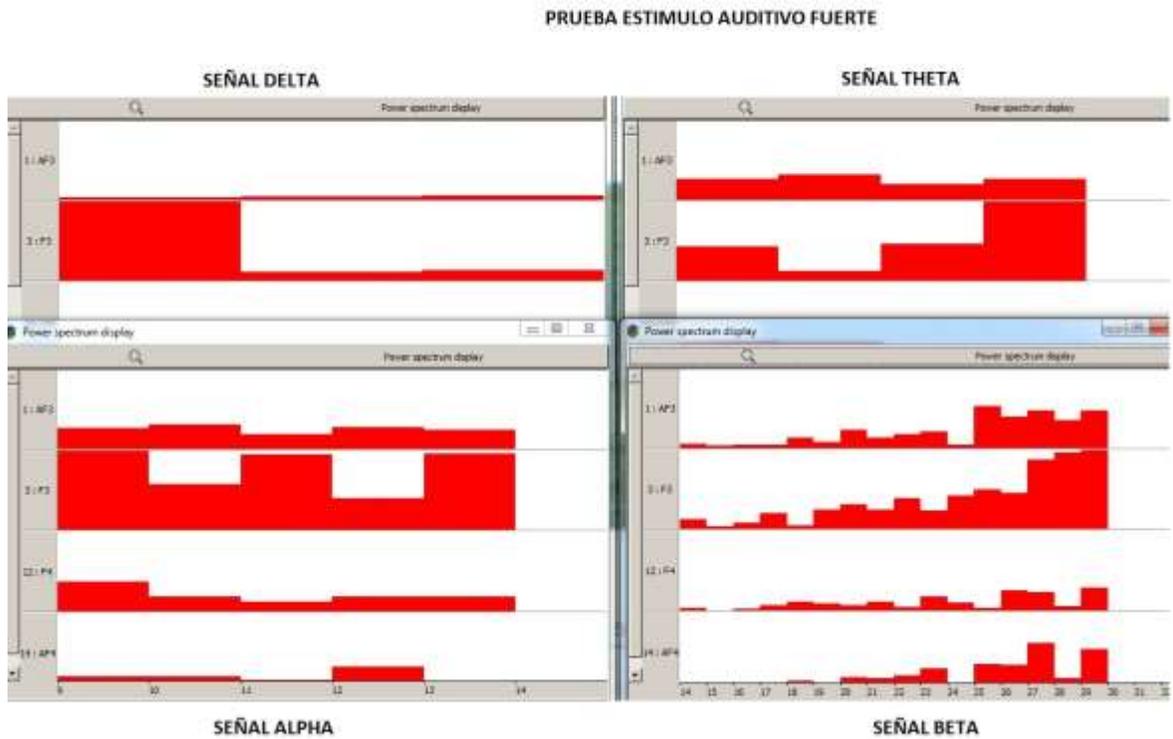
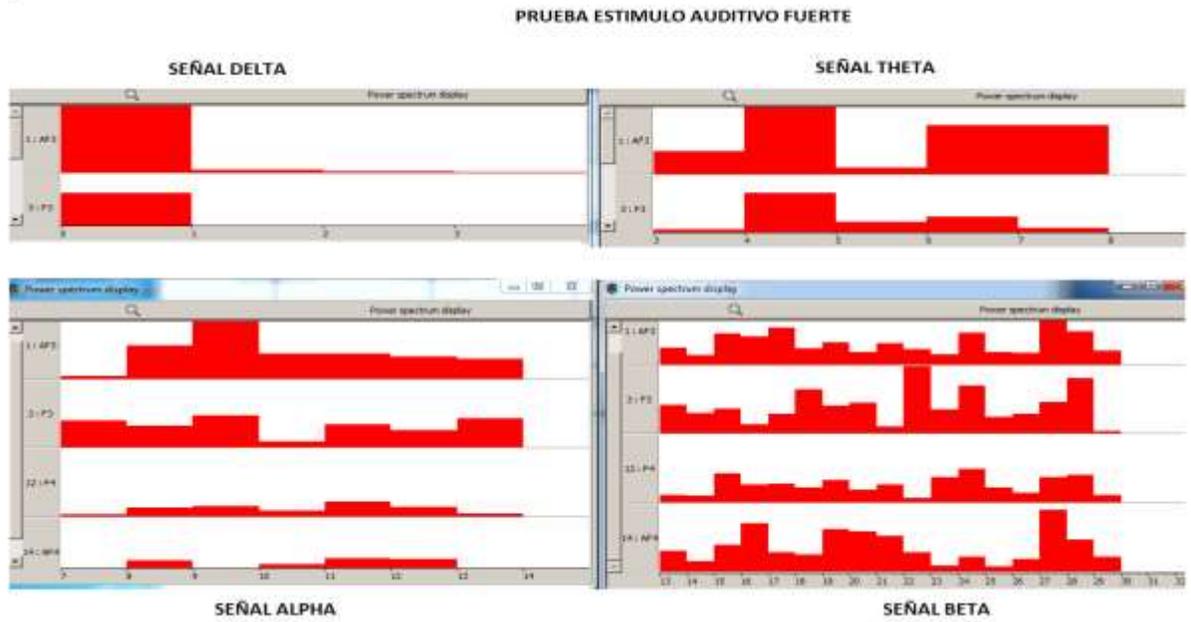


Figura 38. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva fuerte.

- **Sujeto de Estudio # 8:**



- **Sujeto de Estudio # 9:**

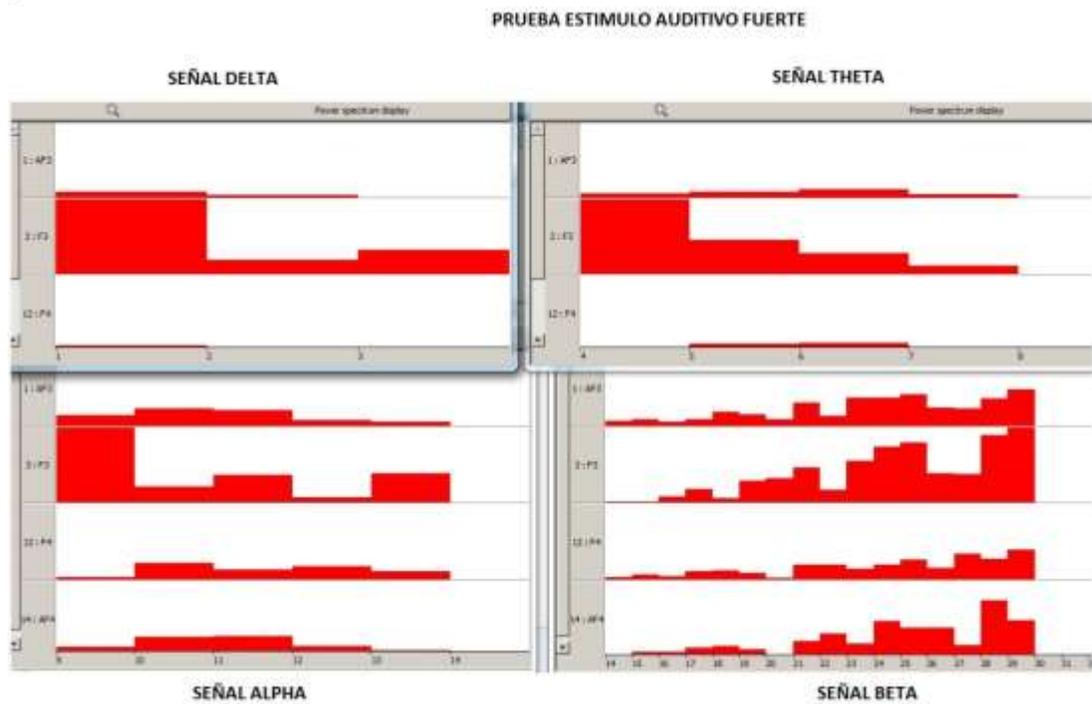
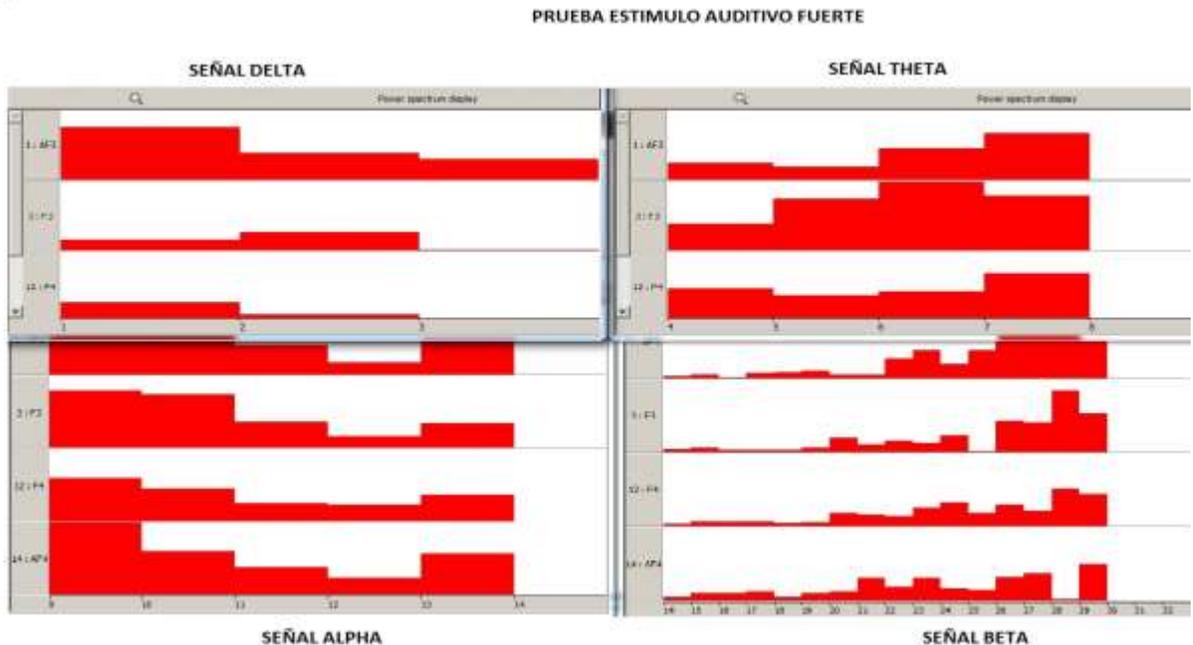


Figura 39. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva fuerte.

- **Sujeto de Estudio # 10**



En las Figuras de las pruebas de ruido sobre pacientes, se evidencia el alto nivel cognitivo de la señal BETA exceptuando el sujeto de estudio número 2 y número 10.

En la estimulación auditiva se pudo notar que la mayoría de persona presentaba signos externos de incomodidad ante el ruido, ejemplo: se movían mucho, se desesperaban etc.

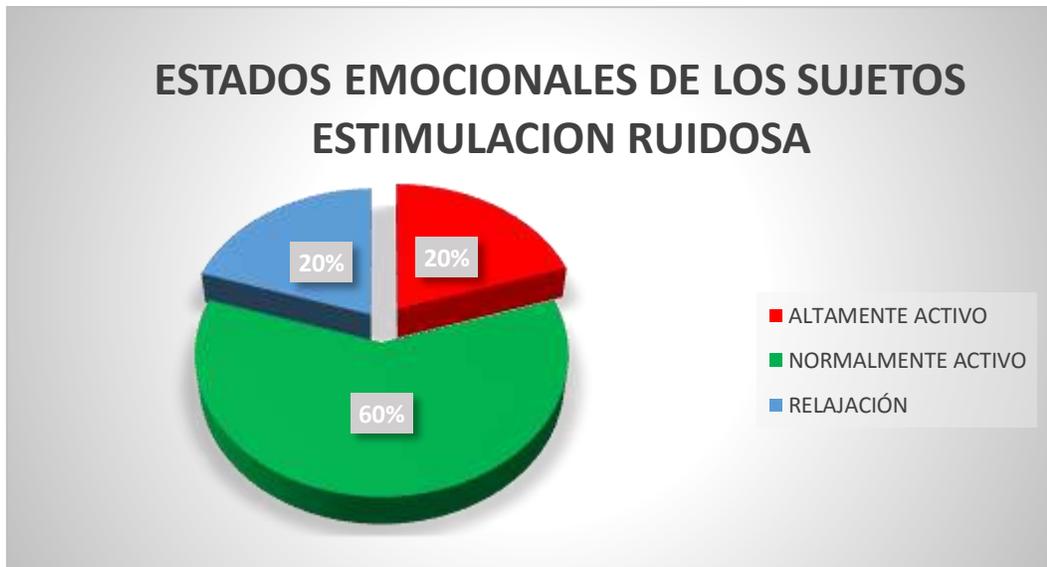
Observando Las figuras de los sujetos de estudio también se pudo corroborar que el sujeto de estudio número 3 y numero 5 presentaron un nivel cognitivo supremamente alto llenando casi totalmente el espectro de frecuencia de la señal cognitiva BETA.

9.3.1 Datos ordenados sobre la prueba

# SUJETO	ESTADOS EMOCIONALES ESTIMULADOS		
	ALTAMENTE ACTIVO	NORMALMENTER ACTIVO	RELAJACIÓN
1		X	
2			X
3	X		
4		X	
5	X		
6		X	
7		X	
8		X	
9		X	
10			X

Tabla 7. Datos ordenados prueba auditiva fuerte.

Figura 40. Datos estadísticos prueba auditiva fuerte.



En la figura 56 se identifica un 80% de personas que reaccionaron normalmente estresadas a un estímulo auditivo fuerte, ¿pero qué pasa con el otro 20%? Se contactaron los sujetos de estudio donde la prueba de estimulación auditiva dio

como resultado un estado de relajación, y ellos explicaron que siempre han estado rodeado de este tipo de sonidos y que se han acostumbrado a tolerarlos.

Según el protocolo del capítulo 8 la primera prueba siempre fue la estimulación por ruidos altos, por lo tanto para tener un mayor orden sin importa el estado inicial del sujeto de estudio la primera prueba fue Estimulación por ruidos altos. A continuación se mostrara las respuestas entregadas por los sujetos de estudio en la encuesta realizada donde la pregunta fue **¿Cuál fue su estado de ánimo durante la primera Prueba?**

9.3.2 Respuestas entregadas en la encuesta.

# SUJETO	ESTADOS EMOCIONALES RUTINARIOS		
	ESTRESADO	COMODO	NEUTRO
1	X		
2		X	
3			X
4			X
5		X	
6	X		
7	X		
8	X		
9		X	
10			X

Tabla 8. Datos ordenados entregados por la encuesta pregunta # 5.

Figura 41. Datos estadísticos entregados por la encuesta pregunta # 5.



El 40% de las personas aceptaron haber cambiado su estado de ánimo a un grado de estrés, pero **¿Qué pasa con el 30% neutro?**, se puede inferir que este porcentaje no percibieron el cambio de estado ya que podrían venir de un estado inicial muy similar, lo cual es muy probable ya que se demostró que un 80% la prueba inicial mostraron un grado de actividad cerebral alto.

Nuevamente aparece el 30% de los sujetos de estudio donde se sintieron cómodos, la gran diferencia es que aparece una persona que contesto sentirse cómodo, la cual fue el sujeto de estudio número 9. Se contactó al sujeto de estudio y nos explicó que al principio se sintió un poco incómodo pero después de un tiempo muy mínimo se concentró y fue capaz de tolerar el sonido, con la gran diferencia que aparentemente la persona cree ser capaz de tolerarlo pero su cerebro en la parte frontal se encuentra en un grado de actividad alta.

9.4 Prueba Estimulo Auditivo Débil.

Figura 42. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva débil.

- Sujeto de estudio # 1.

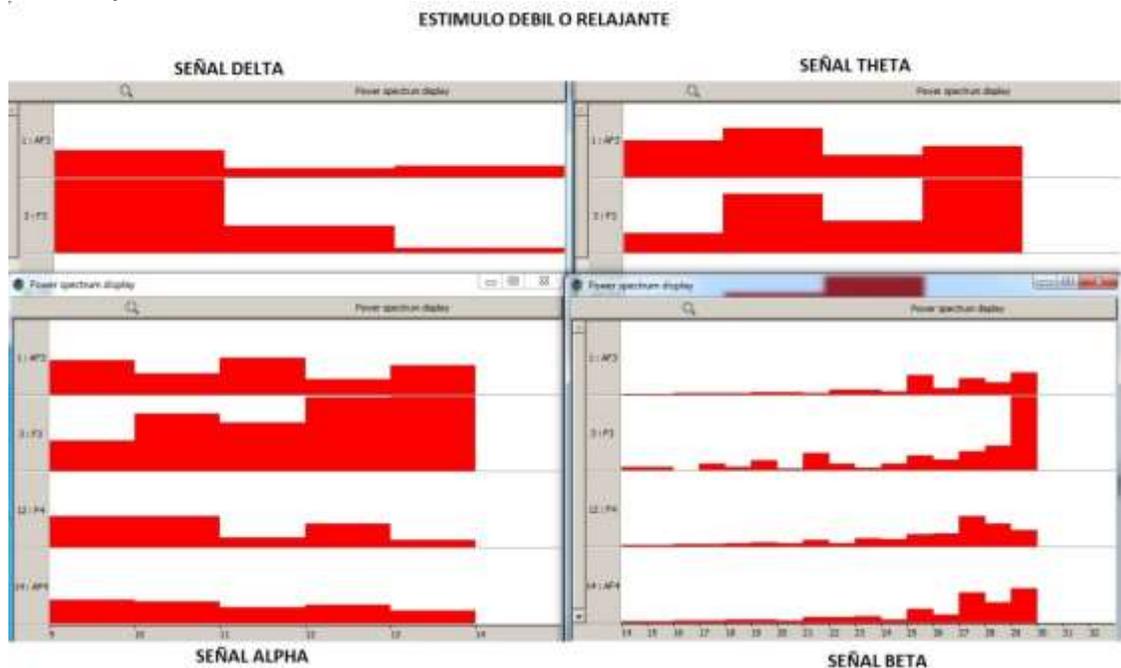
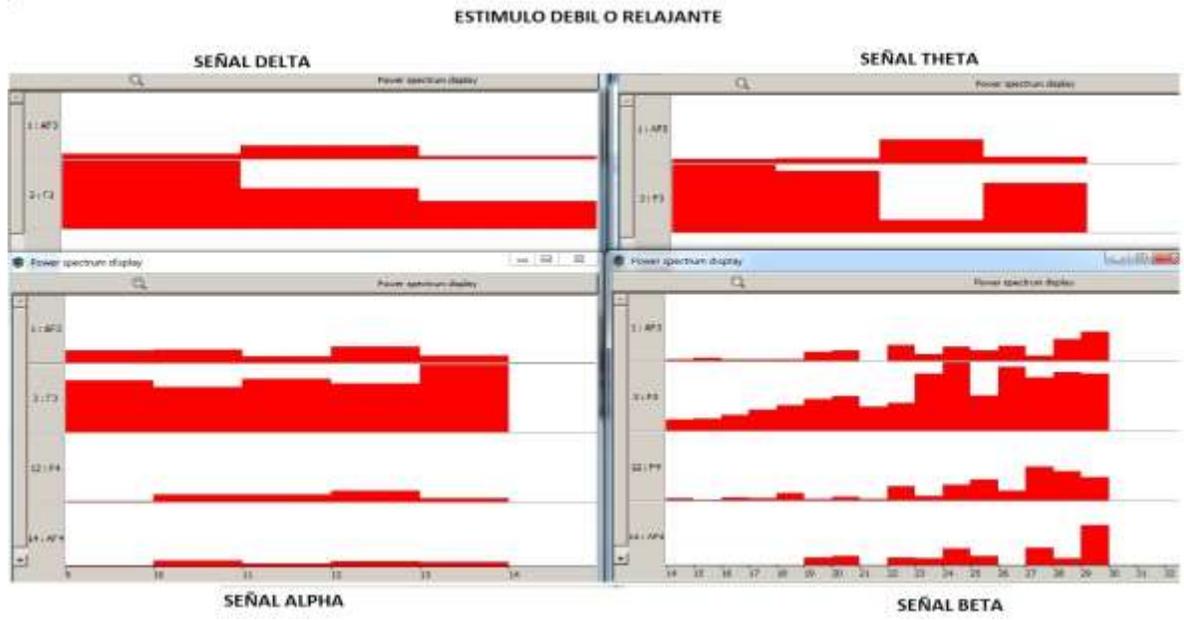


Figura 43. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva débil.

- Sujeto de estudio # 2.



- Sujeto de estudio # 3.

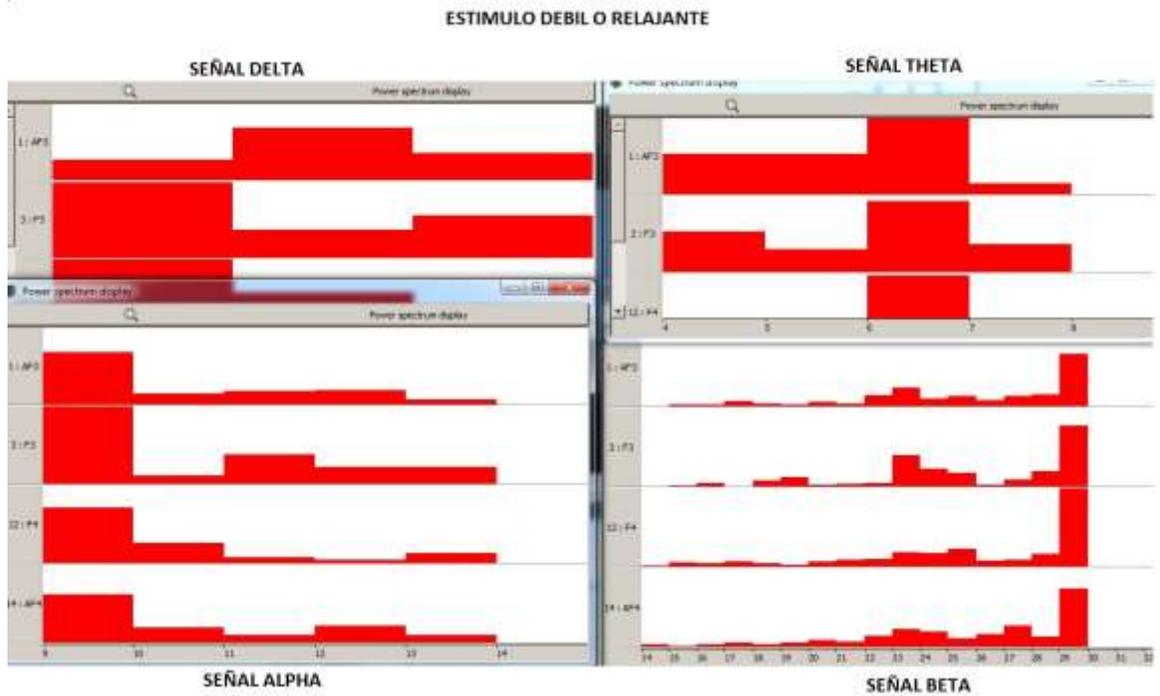


Figura 44. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva débil.

- Sujeto de estudio # 4



- Sujeto de estudio # 5.

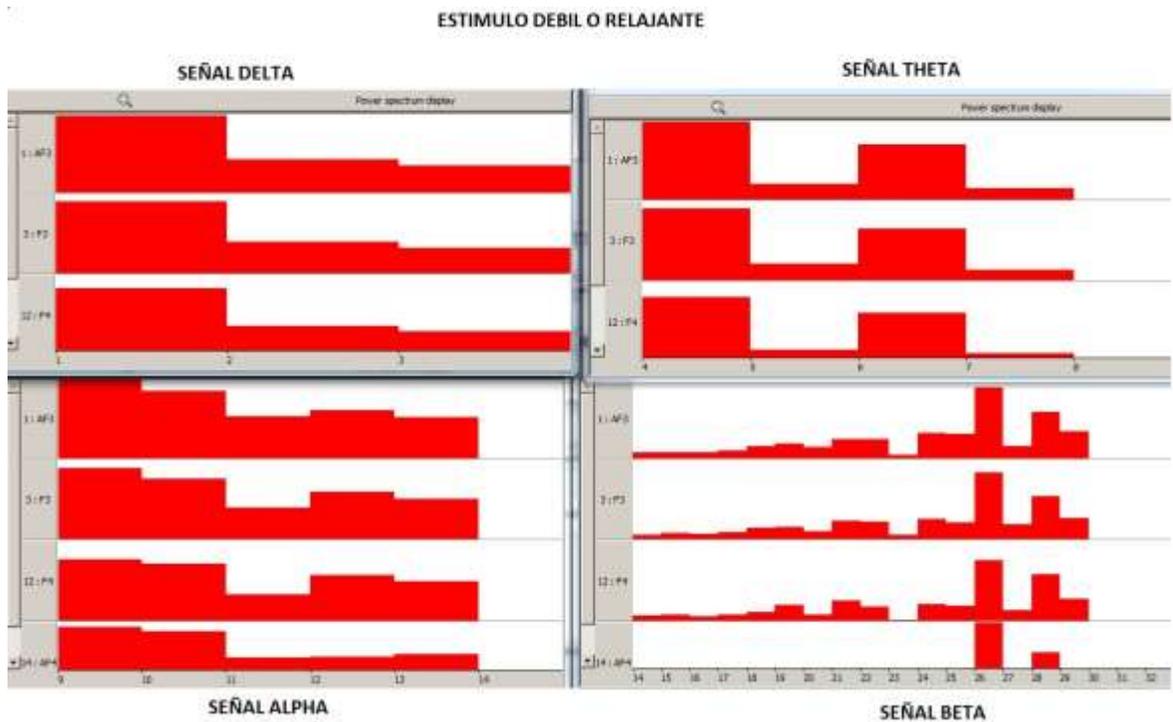
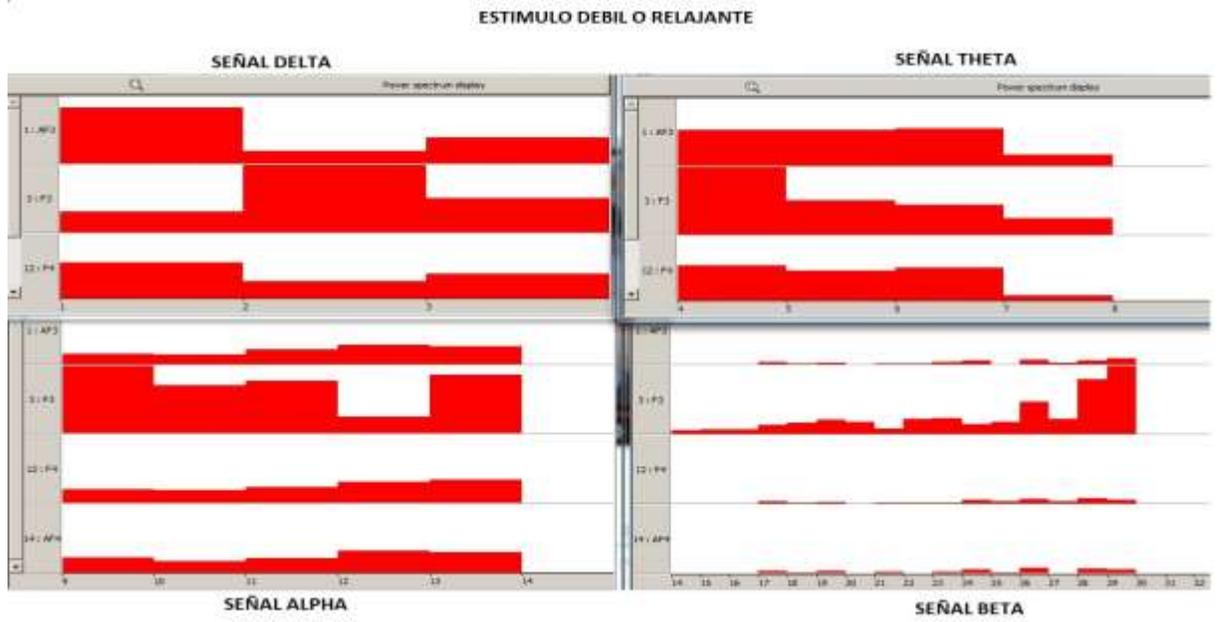


Figura 45. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva débil.

- Sujeto de estudio # 6.



- Sujeto de estudio # 7.

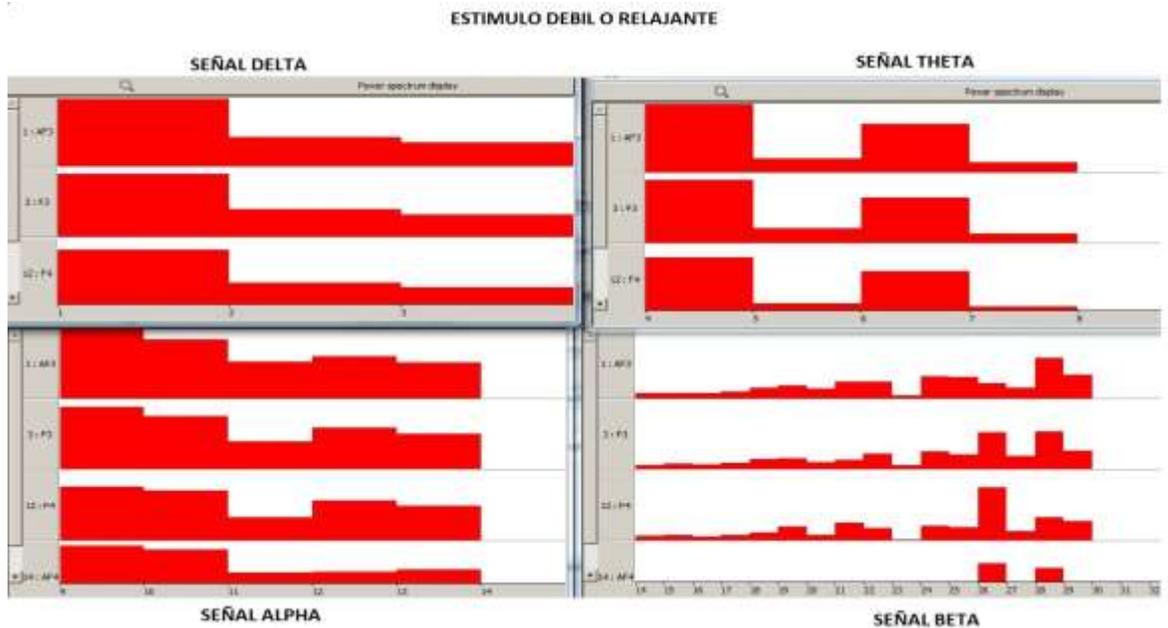
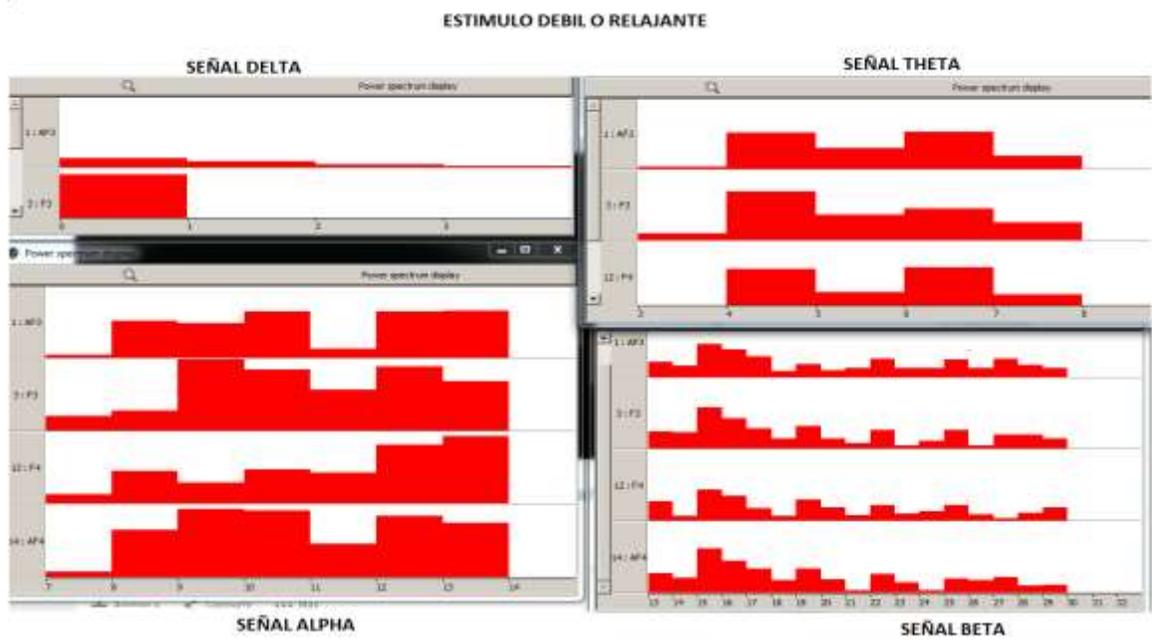


Figura 46. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva débil.

- Sujeto de estudio # 8.



- Sujeto de estudio # 9.

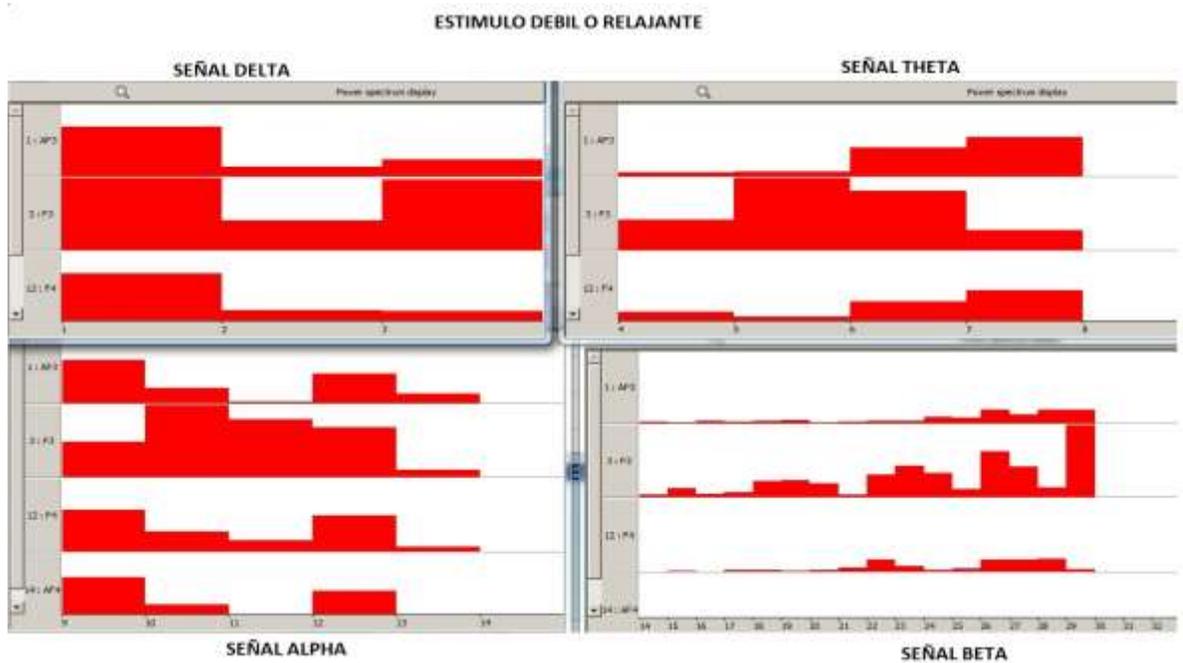
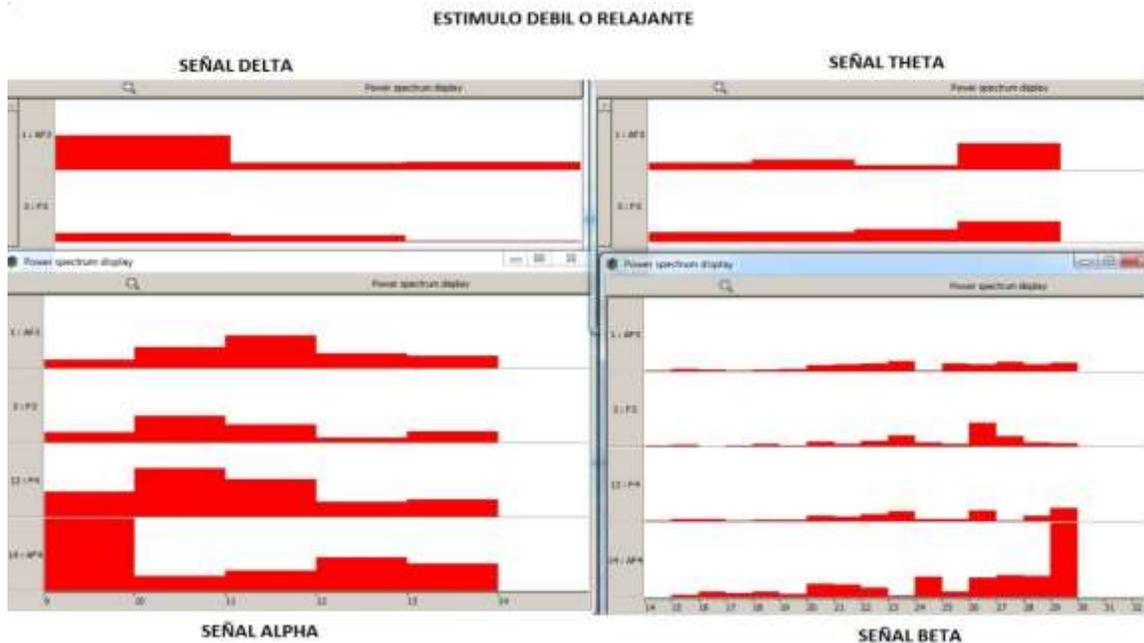


Figura 47. Señales EEG sujeto de estudio prueba Auditiva débil.

- Sujeto de estudio # 10.



En las Figuras de las pruebas auditivas débiles sobre los sujetos de estudio, se evidenció un alto nivel cognitivo con respecto señal BETA de los sujetos de estudio número 2 y número 8, mientras el resto de la población se comportó como se esperaba.

En la estimulación auditiva se pudo notar que la mayoría de persona presentaba signos de relajación inclusive el sujeto de estudio número 3 y número 6. Fue tanto el grado de relajación que la señal cognitiva THETA empezó a incrementar a medida que la señal BETA disminuía considerablemente.

Adicional se observó que existían pocos armónicos en la señal cognitiva BETA, no se desapareció totalmente ya que el cerebro no se concentró totalmente y el ruido eléctrico provocado por la irregularidad de la conexión de los electrodos.

9.4.1 Datos ordenados sobre la prueba.

# SUJETO	ESTADOS EMOCIONALES ESTIMULADOS	
	NORMALMENTER ACTIVO	RELAJACIÓN
1		X
2	X	
3		X
4		X
5		X
6		X
7		X
8	X	
9		X
10		X

Tabla 9. Datos ordenados prueba auditiva débil.

Figura 48. Resultados Prueba auditiva débil.



En la figura 64 se identifica un 80% de personas que reaccionaron normalmente en un estado de relajación a un estímulo auditivo débil, ¿pero qué pasa con el otro 20% que no respondieron normalmente sus señales cognitivas?, se contactaron los sujetos de estudio donde la prueba de estimulación auditiva dio como resultado un estado activo cerebral, la razones que se infiere dicha anomalía es que no se concentraron totalmente y seguían pensando en otro factor de distracción.

Según el protocolo del capítulo 8 la segunda prueba siempre fue la estimulación por ruidos débiles, donde se reprodujo un sonido muy apacible y se le explico al sujeto de estudio que tratara de concentrarse solo en el sonido, por lo tanto para tener un mayor orden sin importa el estado anterior del sujeto de estudio la segunda prueba fue Estimulación por ruidos débiles.

Posteriormente se mostrará las respuestas entregadas por los sujetos de estudio en la encuesta realizada donde la pregunta fue **¿Cuál Fue su estado de ánimo durante la segunda Prueba?**

9.4.2 Respuestas entregadas por la encuesta.

# SUJETO	ESTADOS EMOCIONALES RUTINARIOS		
	INCOMODO	COMODO	NEUTRO
1		X	
2	X		
3		X	
4		X	
5		X	
6		X	
7		X	
8			X
9		X	
10		X	

Tabla 10. Datos ordenados entregados por la encuesta pregunta # 6.

Figura 49. Datos estadísticos entregados por la encuesta pregunta # 6.



El 82% de las personas aceptaron haber cambiado su estado de ánimo a un grado de comodidad o relajación, pero **¿Qué pasa con el 10% incomodo?**, se puede inferir que este porcentaje no percibieron el cambio de estado ya que no se concentraron realmente o padecen simplemente sus métodos de relajación son indiferentes al entorno que se encuentre.

10 DATOS ESTADÍSTICOS ADICIONALES.

10.1 Ocupación sujetos de estudio.

Figura 50. Datos estadísticos ocupación sujetos de estudio.



10.2 Área de estudio de los sujetos.

Figura 51. Área donde se desarrolló el estudio.



10.3 Problemas psicológicos de los sujetos de estudio.

Figura 52. *Porcentaje de sujetos con problemas psicológicos según la encuesta.*



En la figura 68 se observa un 20% de personas con problemas psicológicos, estos datos se obtuvieron en la encuesta donde personas previamente revisadas por psicólogos les habían diagnosticado ciertos problemas mentales que no se mencionaron por solicitud de los sujetos de estudio.

Se analizaron diferentes áreas para obtener una cobertura considerable y analizar los diferentes casos de cómo podría ser el comportamiento personal según el entorno que lo rodea.

11 DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO.

- Se evidenció que durante las pruebas existieron dos sujetos supremamente sensibles a los cambios de estimulación en el entorno, comparando estos resultados con los problemas psicológicos mencionados en el subcapítulo 10.3 se puede inferir o suponer que alguno de estos problemas afectan directamente el estado emocional regulado por la parte frontal cerebral.
- No se tomó en cuenta el ritmo de vida que tenían los sujetos de estudio y existió una persona que durante las pruebas reaccionó en forma inversa a las estimulaciones frecuenciales escuchadas, se corroboró por explicaciones directas que su ritmo de vida y su concepción al entorno a cambiado ya que los estímulos auditivos altos son normales para la persona y su cerebro es capaz de toléralos sin ningún inconveniente, inversamente los sonidos apacibles representan un grado de incomodidad para su cerebro reaccionando la señal cognitiva BETA como un estado de estrés.
- Se comprobó que las encuestas tuvieron concordancia con respecto a las señales medidas, ya que los porcentajes de cada prueba comparada con los datos organizados de la respuesta en la encuesta, ambos porcentajes respaldaban con veracidad dicho estudio.
- Se realizaron pruebas externas analizando la parte temporal cerebral donde se experimentó y se comprobó que dicho lóbulo funciona como un monitor para corroborar la eficacia del programa y se demostró que en el cerebro humano cada lóbulo tiene una función diferente pero a su vez cada impulso afecta de forma indirecta a otra parte cerebral.
- Se observó que las estimulaciones auditivas son monitoreadas a través del lóbulo temporal, que a su vez son procesadas en el lóbulo frontal, donde allí se encarga de regular o comprender que efecto emocional influye en el cuerpo humano, por tal motivo, este estudio se enfocó, en estudiar, analizar y comprender, esta sección del cerebro.

12 CONCLUSIONES.

- Se comprobó después de analizar y comparar los datos obtenidos de la prueba de estimulación auditiva débil, donde la estimulación realizada fue con los sonidos de la figura 4 y 5, las señales cognitivas cerebrales disminuyeron en gran cantidad, desapareciendo muchos armónicos de la Señal cognitiva BETA y posteriormente concluir que la persona entra en un estado de relajación.
- Se corroboró después de analizar y comparar los datos obtenidos de la prueba de estimulación auditiva fuerte, donde la estimulación realizada fue con los sonidos de la figura 2 y 3, las señales cognitivas cerebrales aumentaron, apareciendo gran cantidad de armónicos de la Señal cognitiva BETA y posteriormente concluir que la persona entra en un estado de cerebral altamente activo.
- Existieron casos atípicos donde las estimulaciones aditivas surgieron efectos adversos a las conclusiones anteriores, en el cual se podría dar su explicación mediante un estudio más profundo con el acompañamiento medico respectivo.
- Los resultados obtenidos mediante el casco emotiv epoc fueron satisfactorios para este estudio ya que se logró corroborar los objetivos propuestos, para un estudio más profundo, eliminando muchos factores de medida se debe realizar un procedimiento profesional invasivo de encefalografía.

13 BIBLIOGRAFÍA.

- [1] EDUCACIÓN AMBIENTAL, contaminación Auditiva,Tecnica,página 4,2007.
- [2] DR. RENÉ MAURICIO ROJAS, Estudio De Ruido Ambiental,Bogota Colombia,89P,2008.
- [3] TANIA FRAGA, Experimental Art with Brain Controlled Interface, 1Ed, 200P.
- [4] JUAN CHÁVEZ, Ruido: Efectos Sobre la Salud, N20, 46P, 2006
- [5] JUAN JOSÉ GUZMAN ÁLVAREZ, EEG, 2002, Cliniccolegiado,Granada,N.I.C.A. 25702.
- [6] MEDLINEPLUS, Encefalograma,Traducido por joseph V. Campellone, 2Ed ,150p.
- [7] TEALEYTE S.L, El Insomnio, 1Ed, 30p, 2011
- [4] JORDAN PEARSON, Efectos del ruido en la salud, Ohio USA, 2014.
- [8] UNIVERSIDAD DE BARCELONA, Las onda Cerebrales, Antonio Aznar Casanova, Barcelona, 2003
- [9] GUYTON Y HALL, Tratado de fisiología médica, 12 ed. Jackson Mississippi Elzevir. 2011.1092p.
- [10] BUSTAMANTE JAIRO, Neuroanatomía funcional y clínica, 4 ed., Medica Celsus. 2007. 524p.
- [11] ROBBINS Y COTRAN, Patología estructural y funcional, 8 Ed . Elseiver.2010. 1464p.

[12] DANIEL P.CARDINALI. Neurociencia Aplicada. 2 ed. Panamericana. 2007, 500 p.

[13] DESNEY S.TAN. Brain-computer Interfaces. Usa. Springer 2009. 258p.

[14]: MUNOZ CARDONA, John E.; MUNOZ CARDONA, Cristian D.; HENAO GALLO, Oscar A. Diseño de una Estación de Trabajo para Personas con Discapacidad en Miembros Superiores Usando una Interfaz Cerebro Computador. 2013.

[15]: VARGAS, Jesús Leonel Sánchez. Descripción del funcionamiento de un módulo clasificador de ondas electroencefalográficas utilizando la plataforma OpenVIBE.

[16]: ROCA, J. Martí. FFT como herramienta de análisis en fonética. *Estudios de fonética experimental*, 1987.

17] MUHAMMAD RASHID microelectronic circuits: analysis and design. pws publishing company. boston, 1999. 990p.

[18] SAVANT, Clement J., et al. Diseño electrónico: circuitos y sistemas. Addison-Wesley Iberoamericana, 1992.

[19] ALEXANDER, Charles K., et al. *Fundamentos de circuitos eléctricos*. McGraw-Hill, 2006.

[20] SEDRA, Adel S.; SMITH, Kenneth Carless. Microelectronic circuits. Oxford university press, 1998.

[21] MEDEL, J.; GUEVARA, P.; FLORES, R. A. Caracterización de filtros digitales en tiempo-real para computadoras digitales. *Computación y Sistemas*, 2004, vol. 7, no 3, p. 190-209.

14 ANEXOS.

ANEXO A: 10 OFICIOS DE CONSENTIMIENTOS INFORMATIVOS AUTORIZADOS POR LOS SUJETOS DE ESTUDIO.

ANEXO B: 10 ENCUESTAS PREVIAMENTE DILIGENCIADAS POR CADA SUJETO DE ESTUDIO.