



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**Neuropsicología**

**Correlación entre el Tiempo de Respuesta y la Frecuencia de las Ondas Beta por la  
Ejecución de Tareas Stroop de Atención Selectiva en Estudiantes Universitarios  
Sanos a través de Electroencefalografía Cuantitativa.**

Autor: Diego Ismael Godoy Rodríguez.

Director: Ing. Daniel Fernando Aguirre Reyes, PHD.

Cuenca, 2022

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este proyecto de investigación a mis Padres: Eladio Godoy, Bertha Rodríguez y Hermanos: Mateo Godoy, Jacobo Godoy por su apoyo incondicional a lo largo de mi programa de Maestría quienes con sus oraciones y palabras de aliento me motivan día a día para alcanzar mis sueños pero sobre todo ser mejor persona al servicio de los demás.

Familia es familia y cariño es cariño.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios y a la Virgen Santísima por todas sus Bendiciones diarias, por ser mi luz, por ser mi vida.

Gracias a todos los Docentes que a lo largo de estos años me brindaron la oportunidad más grande de aprendizaje. A mis compañeros de aula por sus aportes y amistad especialmente a mi Tutor de tesis, Ingeniero Daniel Aguirre quien con sus observaciones, conocimientos y apoyo incondicional se pudo alcanzar cumplir con este gran proyecto.

Mi familia gracias totales, los Amo.

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| Dedicatoria  | 2  |
| Agradecimiento   | 3  |
| Resumen  | 7  |
| Abstract   | 8  |
| INTRODUCCIÓN   | 9  |
| CAPÍTULO I   | 11 |
| MARCO TEÓRICO  | 11 |
| 1. Atención.....   | 11 |
| 1.2 Modelos y Teorías Acerca de la Atención.....                               | 12 |
| 1.2.1 Modelos de Filtro .....  | 12 |
| 1.2.2 Modelo de Recursos Atencionales .....                                    | 13 |
| 1.2.3 Modelo de Automaticidad.....   | 13 |
| 1.2.4 Modelo Conexionista.....   | 14 |
| 1.2.5 Modelo de Neurociencias Cognitiva .....                                  | 15 |
| 1.3 Tipos de Atención.....   | 15 |
| 1.3.1 Atención selectiva .....   | 15 |
| 1.3.2 Atención central.....  | 16 |
| 1.3.3 Atención periférica .....  | 16 |
| 1.3.4 Atención sostenida.....  | 17 |
| 1.3.5 Atención Visual.....   | 17 |
| 1.4 Definiciones de la Atención Selectiva.....                                 | 17 |
| 1.5 Función de la Atención Selectiva .....                                     | 18 |
| 1.6 Atención Selectiva en Estudiantes Universitarios .....                     | 18 |
| 1.7 Sistemas cerebrales y Bases Neuroanatómicas de la Atención selectiva ..... | 20 |
| 1.8 Actividad Eléctrica de los Procesos Atencionales.....                      | 22 |
| CAPITULO II  | 24 |

|  |    |
|--|----|
| Sistemas BCI y Técnica de Electroencefalografía                    | 24 |
| 2. Interfaz Cerebro Computadora .....                              | 24 |
| 2.1 Bioseñales Neurológicas.....                                   | 25 |
| 2.2 Equipo OPENBCI EEG.....  | 25 |
| 2.2.1 Características.....   | 26 |
| 2.3 La Electroencefalografía.....                                  | 26 |
| 2.4 Medición a Través de la Electroencefalografía .....            | 27 |
| 2.5 Captación de la Electroencefalografía .....                    | 28 |
| 2.6 Artefactos en Electroencefalografía .....                      | 29 |
| 2.6.1 Artefactos Externos.....                                     | 29 |
| 2.6.2 Artefactos Internos .....                                    | 29 |
| 2.7 Sistema de Posicionamiento de Electroodos 10/20 .....          | 30 |
| 2.8 Patrones de Ondas Cerebrales .....                             | 31 |
| 2.9 Tareas utilizadas para el estudio de la atención: Stroop ..... | 32 |
| 2.10 Ondas Beta.....   | 33 |
| 2.11 Estado de la conciencia.....                                  | 34 |
| CAPÍTULO III   | 35 |
| MATERIALES Y MÉTODOS   | 35 |
| 3. Método.....   | 35 |
| 3.1 Preguntas de investigación .....                               | 35 |
| 3.2 Objetivo general .....   | 35 |
| 3.2.1 Objetivos específicos .....                                  | 35 |
| 3.3 Instrumentos .....   | 37 |
| 3.3.1 Plataforma de programación y cálculo numérico Matlab .....   | 37 |
| 3.3.2 Software Rstudio.....  | 37 |
| 3.3.3 Paradigma con tareas experimentales Stroop.....              | 37 |
| 3.3.4 Equipo OpenBCI EEG.....                                      | 37 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.3.5 <i>Escala de evaluación cognitiva de Montreal</i> .....                                | 38  |
| 3.4 Procedimiento.....   | 38  |
| 3.5 Universo y Muestra .....   | 39  |
| 3.5.1 <i>Criterios de inclusión para la selección de los participantes del estudio</i> ..... | 39  |
| 3.5.2 <i>Criterios de exclusión para la selección de los participantes del estudio</i> ..... | 39  |
| 3.6 Consideraciones éticas.....  | 40  |
| 3.7 Adquisición, procesamiento de señales y análisis estadístico .....                       | 40  |
| CAPITULO IV  | 42  |
| ANALISIS DE RESULTADOS   | 42  |
| CAPITULO V   | 85  |
| DISCUSIÓN  | 85  |
| CONCLUSIONES   | 89  |
| RECOMENDACIONES  | 91  |
| BIBLIOGRAFÍA   | 92  |
| ANEXOS   | 102 |

## Resumen

El estudio de la actividad cerebral mediante la técnica de electroencefalografía, posee grandes aportes, esto debido a que permite estudiar diferentes procesos cognitivos de orden superior como es el caso de la atención selectiva. Por ello, este estudio analizó el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas Beta, así como de la localización topográfica mediante un equipo OpenBCI EEG y el desarrollo de un paradigma que incluía tareas tipo Stroop, en el que participaron 20 jóvenes y adultos estudiantes universitarios sanos.

Los resultados evidenciaron que no existió relación significativa (valor  $p < 0,05$ ) entre los tiempos de respuesta de las tareas Stroop y las frecuencias de las bandas Beta. Por otro lado, las tareas Stroop requieren de una gran demanda cognitiva, por lo que se evidenció a nivel topográfico mayor activación en zonas frontales y parietales, con frecuencias variadas en cada participante que rondó los 12,64 Hz hasta los 24,38 Hz.

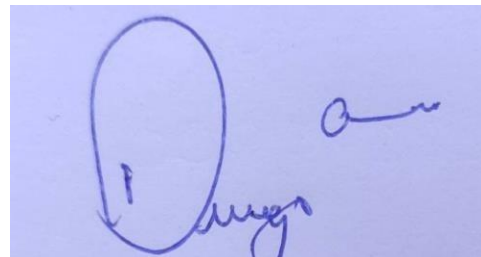
**Palabras claves:** Atención selectiva, EEG, Electroencefalografía, Atención, Stroop

## Abstract

The study of brain activity by means of electroencephalography technique has great contributions, because it allows the study of different higher order cognitive processes such as selective attention. Therefore, this study analyzed the response time and frequency of Betawaves, as well as topographic localization using OpenBCI EEG equipment and the development of a paradigm that included Stroop-type tasks, in which 20 young and adult healthy university students participated. The results showed that there was no significant relationship ( $p$ -value  $< 0.05$ ) between the response times of the Stroop tasks and the frequencies of the Beta bands. On the other hand, Stroop tasks require a high cognitive demand, so that a higher activation in frontal and parietal areas was evidenced at a topographic level, with frequencies varying in each participant from 12.64 Hz to 24.38 Hz.

**Keywords:** selective attention, EEG, electroencephalography, Attention, Stroop

Translated by:



Diego Godoy.



## INTRODUCCIÓN

El estudio de la atención selectiva en nuestro país sin duda avanza a pasos lentos debido al decreciente número de investigaciones y la escasa publicación de estudios sobre atención selectiva. Con el número creciente de elementos distractores en nuestro medio como el uso de las redes sociales, los servicios de televisión, los videojuegos y las aplicaciones celulares, ciertamente demandan altos niveles de atención y tiempo para el ser humano. Sin duda, estos distractores provocan repercusiones sobre el rendimiento en la población infanto-juvenil y adulta en la actualidad. En el caso de los estudiantes universitarios, están sujetos a diversos niveles de estrés debido a las altas exigencias académicas, las tareas estudiantiles evidentemente crean presión y estrés que pueden llegar a afectar la capacidad de atención selectiva que desde luego influye y repercute en el rendimiento académico.

Con lo anteriormente planteado se puede suponer que los estudios neuropsicológicos son recurrentes sobre la población de estudiantes universitarios, sin embargo, en Ecuador las investigaciones evidencian un lento progreso por lo que es necesario desarrollar e incrementar trabajos investigativos que permitan contar con mediciones sobre la actividad bioeléctrica cerebral y el tiempos de respuesta tanto de adultos jóvenes así como de estudiantes universitarios desarrollando tareas que involucre la atención selectiva. Con ello, además de conocer la situación actual del problema, se podrán recomendar medidas y líneas de investigación que permitan incorporar métodos correctivos y a su vez generar estrategias para aumentar el rendimiento de las personas en torno a la atención selectiva.

Desde este punto recalca la importancia de estudiar los aspectos relacionado con la atención sostenida, debido a que desempeña un rol sumamente importante en los diferentes aspectos de la vida del ser humano, ya que representa un proceso cognoscitivo que resulta esencial en la adquisición y procesamiento de la información que es percibida a través de los sentidos, así como en el desarrollo del aprendizaje, la orientación, la memoria, el lenguaje, entre otros (Granados et al., 2016). La percepción del entorno juega un rol importante sobre la atención selectiva, según Tiago et al. (2016), la forma en que cada individuo siente el entorno circundante está influenciada por factores intrínsecos y extrínsecos del propio individuo; asimismo, la tolerancia al

medio ambiente depende directamente, entre otros factores, de la edad, la capacidad aeróbica, las horas de descanso, el estilo de vida y el consumo de medicamentos.

Se considera que el estrés es uno de los factores que más afecta el desempeño en los adultos, particularmente en estudiantes universitarios se espera que puedan tener un rendimiento acorde con el nivel de estudios, el cual es alto. Para hacerlo se ve necesario el estudio del tiempo de respuesta de los estudiantes medido a través de la observación de la frecuencia de las ondas Beta, dicha frecuencia según (Flores et al., 2020; Liang et al., 2021; Putman, 2011) puede correlacionarse con la atención selectiva, la memoria de trabajo y el razonamiento.

Por lo anteriormente expuesto el objetivo general del trabajo de investigación es el correlacionar el tiempo de respuesta con las ondas de frecuencia Beta con el uso de tareas Stroop de atención selectiva en estudiantes universitarios sanos de la ciudad de Cuenca durante los meses de junio y julio del año 2021. El estado del arte de la presente investigación fue planteado desde un capítulo en el que engloba a los tipos de atención, sus modalidades, las bases neuronales de la atención selectiva, la tarea Stroop, las ondas cerebrales pertenecientes a la banda Beta y la medición a través de electroencefalografía con equipos OpenBCI.

En el capítulo dos se presenta el apartado de materiales y método que describen los objetivos tanto general y específicos, los criterios de inclusión y exclusión de la investigación, así como la pregunta de investigación, el procedimiento que se llevó a cabo para recopilar los datos, así como el apartado de adquisición, procesamiento de señales, el análisis estadístico y la ética de la investigación. Así también dentro de este capítulo se exponen los resultados es decir los rangos de frecuencia en las tareas experimentales, el promedio de los tiempos de respuesta por bloques y el estudio de correlación entre las variables frecuencia y tiempo de respuesta. Por último, en el capítulo tres se muestra la comparación de nuestros resultados con investigaciones previas a través de la discusión, asimismo, se exponen las conclusiones del presente estudio.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1. Atención

La atención es definida como un conjunto coordinado de mecanismos que cumplen una función en la identificación y selección de estímulos ambientales importantes para la resolución de tareas cognoscitivas (Díaz & Camelo, 2019). Y es que la atención es una función fundamental para transitar por la vida de un modo adaptado. En términos generales, necesitamos atender para entender y para aprender, debido a que la mayor parte de los actos de nuestra cotidianidad requiere de un mínimo de atención para que se lleve a cabo de forma correcta.

Por esa razón la atención constituye una función cognitiva que pertenece a un proceso de selección y filtro de los estímulos originados tanto del mundo exterior como los sonidos, luces, objetos entre otros, así como del mundo interior que pueden ser aquellas sensaciones y emociones. Este proceso establece cuáles son los estímulos más importantes para determinados momentos y lugares, lo que posibilita otorgar a estos un procesamiento más profundo. De esta manera, la atención nos ayuda a lograr de manera eficaz cualquier tarea en la vida diaria como puede ser cognitiva, social y motora.

Desde la Real Academia Española (RAE) define a la atención como un tipo de acción, una acción de atender. Si se aborda la Atención desde el campo de la psicología, muchos autores que han investigado este aspecto no han podido llegar ni determinar una definición única acertada, sin embargo, la mayoría de investigadores y autores comparten la idea que la atención constituye y se expresa como un complejo agrupado de procesos, mecanismos implicados y acciones, estímulos entre otros.

Por otro lado, desde el punto de vista de la neuropsicología, define a la atención como un mecanismo de selección de señales, debido a que la actividad mental del ser humano como la percepción, el reconocimiento, la intención, la acción está concedida siempre por un esfuerzo neurocognitivo formado por su direccionalidad y selectividad (Soprano, 2009).

Otros autores definen a la atención como un proceso, aquel proceso que permite seleccionar, generar, orientar y mantener un nivel correcto de activación, en la que

atraviesa por diferentes fases entre las que se destaca la fase de orientación, selección y sostenimiento de la misma (Alarcón y Guzmán, 2016)

## **1.2 Modelos y Teorías Acerca de la Atención**

Con respecto a la atención fueron y han sido muchos los profesionales de la psicología que han plasmado distintos modelos para intentar explicar el procesamiento de información en el ser humano, como resultado de las variadas concepciones de la atención, definiendo modelos que intentan abordar situaciones como el lugar donde se efectúa la selección, el modo en que se determina el procesamiento de la información, los recursos utilizados para conseguir el procesamiento de información entre otros (Villarraig y Muiños, 2018). Por las ideas que comparten los diferentes modelos y teorías establecidas, se pueden asociar en modelos de filtro, modelos de recursos atencionales, modelos de automaticidad y modelos conexionismo y neurociencias cognitiva, que a continuación se describen cada uno de ellos.

### ***1.2.1 Modelos de Filtro***

Los modelos de filtro también denominados como modelos estructurales fueron los primeros modelos que se plasmaron en el ámbito de la psicología y tenían como objetivo determinar hasta qué punto el ser humano es capaz de procesar la información cuando nos llega de forma variada. Los autores de estos modelos plantearon la aparición de un mecanismo en que se basaba en no solo la de actuar como un filtro para elegir aquella información que se debía de procesar, de forma que se modulara la entrada de información y así se evitara alguna sobrecarga del sistema cognitivo (García, 1997).

El precursor en instaurar este modelo fue el Psicólogo Broadbent, quien en el año 1958 propuso que la información llega al organismo y es procesada sin margen de forma inconsciente hasta la ocasión en que llega a la llamada estructura de filtro, en otras palabras al sistema perceptual, este tipo de sistema recibe diferente información y es el delegado de poder procesarla, es entonces que para Broadbent el procesamiento de la información puede acontecer de forma paralela, sin embargo en el momento que la información logra alcanzar al sistema perceptual debido a la poca y limitada capacidad para procesar la información y a la abundancia de información que llega al organismo, esta transformación se origina de forma serial, es decir de manera que se pone en juicio el sistema de filtrado, por consiguiente solo se puede elaborar una medida determinada de información en un determinado periodo de tiempo.

Desde otro punto según Treisman (1960), la clasificación de la información no se produce de forma tensa como ocurría en el modelo propuesto por Broadbent, sino que para Treisman el procesamiento se produce de forma mitigada, acepta que la información puede ser procesada de forma paralela y que durante la ocasión puede llegar al mecanismo de filtrado, este decretará una prioridad, mediante la cual aquella información más significativa tendrá una condición prioritaria y aquella información que por su función de su concepto se considere como no considerado, será filtrada de forma atenuada pero podrá pasar al canal llamado central.

### ***1.2.2 Modelo de Recursos Atencionales***

Lo opuesto de lo que ocurría en los modelos de filtro, los modelos denominado de recursos atencionales no se focalizan en la selección de la información para que exista un buen desempeño del mecanismo atencional, por el contrario, se centran en la afirmación de que la aceptación del mecanismo atencional va a depender del trabajo y recursos necesarios para proceder a efectuar el procesamiento de la información. Entre los precursores de este modelo, el que más llama la atención es Kahneman quien postuló que la atención entre sus características relevante es que posee una capacidad limitada que viene dada por los medios disponibles (Añaños, 1999)

Por lo tanto, Kahneman describió que efectuar alguna tarea se debe utilizar un empeño atencional, que posee un límite de forma que si la tarea requiere de un esfuerzo de forma que solicita más procedimientos de los disponibles en esa ocasión la tarea no se podrá efectuar de forma correcta pues se habrá llegado al límite de los medios disponibles, en cambio, si se presentan múltiples tareas en las que hay que desarrolla de forma sincrónica su nivel de exigencia es inferior de manera que no se acaben todos los recursos por ser tareas de menor dificultad o que el esfuerzo en su desarrollo deba ser menor, en este caso se podrá concluir ambas tareas, de este modo, toda la información si puede ser analizada siempre y cuando no se rebase la capacidad de procesamiento (Añaños, 1999).

### ***1.2.3 Modelo de Automaticidad***

El modelo de automaticidad inicia del supuesto de que el procesamiento de la información puede producirse de manera controlada o incluso de forma involuntaria por lo que se cataloga como procesos controlados y procesos automáticos. Esos dos procesos tienen unas características que permiten distinguirlos (García Sevilla, 1997).

A. Atención o capacidad: Para efectuar un proceso de tipo controlado se necesita de esfuerzo y gasto de recursos a diferencia de lo que sucede con los procesos de tipo automáticos.

B. Control: Los procesos que son de tipo automáticos no son controlado por la persona, a diferencia de lo que sucede con los procesos de tipo controlados, que se hallan sujetos a la intencionalidad del individuo.

C. Procesamiento serial versus paralelo. En los procesos de tipo automáticos se analizan y procesan de manera paralela a los procesos de tipo controlados, debido que el primer proceso no necesita de la utilización de recursos.

D. Nivel de ejecución. Los procesos de tipo automáticos solo se pueden efectuar cuando se basa en tareas simples.

E. Práctica. Los procesos de tipo controlados pueden mejorar con su destreza permitiendo convertirse en procesos de tipo automáticos, por el contrario, los procesos de tipo automáticos una vez iniciados estos no experimentan cambios reseñables.

F. Modificación. Los procesos de tipo automáticos no son fácilmente alterables, mientras que los procesos de tipo controlados tienen la facilidad de ser controlado.

G. Memoria. Los procesos de tipo automáticos se localizan en la memoria a largo plazo, por el contrario, los procesos de tipo controlados se encuentran y juega un papel fundamental en memoria activa.

H. Conciencia. Los procesos de tipo controlados son procesos conscientes que requieren de atención, por el contrario que los procesos de tipo automáticos son inconscientes.

#### ***1.2.4 Modelo Conexionista***

El modelo conexionista o más conocido como SLAM (Selective Attention Model) fue desarrollado por Phaf, van Der Heijden y Hudson con el objetivo de justificar el procesamiento que efectúa un sujeto en tareas en las que se requiere seleccionar diferentes estímulos que muestren justo una conjugación concreta de características. Por consiguiente, este tipo de modelo se efectuó realizando una simulación con el uso de la inteligencia artificial, donde establecieron que la elección

atencional se argumenta por la intervención de dos procesos unidos entre sí, los procesos que estimulan la elección del elemento u objeto que domina la fuente de estimulación y los procesos donde se elige el atributo que vigile las respuestas (Añaños, 1999).

### ***1.2.5 Modelo de Neurociencias Cognitiva***

En la actualidad el estudio que involucra los mecanismos atencionales están siendo desarrollado desde el enfoque de la neurociencia cognitiva, desde esta área de estudio son importantes las contribuciones de la neuroanatomía, neurobiología y la neuropsicología que juntas apoyan el concepto de un funcionamiento y desempeño modular de la atención, al observar y determinar en múltiples estudios y pruebas efectuadas, la presencia de diversos módulos o subsistemas para el análisis y procesamiento de la información, lo cuales se presentan altamente especializados (Villaroig y Muiños, 2018)

### **1.3 Tipos de Atención**

Dentro de la clasificación de los diferentes subtipos de atención, se identifican dos clases (Díaz & Roa, 2019):

a) La atención selectiva, que hace referencia a la capacidad para centrarse en un estímulo relevante del entorno y eliminar aquellos que no son relevantes en un determinado momento; y,

b) La atención sostenida, que se entiende como la capacidad para mantener la atención focalizada en la realización de una tarea durante tiempos prolongados. También es definida como el estado de vigilancia o excitación.

Sin embargo, no son solo los dos únicos subtipos de atención que existe, por supuesto esto dependerá del tipo de teoría, sin embargo, a continuación, se definen los tipos de atención más conocidos:

#### ***1.3.1 Atención selectiva***

La atención selectiva implica centrarse en el contenido relevante para la tarea para un procesamiento más profundo mientras se lee o se ignora el contenido irrelevante; al igual que otras estrategias de lectura global relacionadas, es imperativo para el éxito en la lectura, especialmente cuando se investiga un tema en particular

(Prichard & Atkins, 2019). La atención selectiva se utiliza para referirse a la atención selectiva periférica; es decir, dirigir la atención de manera selectiva hacia elementos y eventos perceptivos; sin embargo, la atención selectiva no es un fenómeno único, sino que consta de varios mecanismos que se encuentran en una jerarquía que abarca dos extremos: atención central y atención periférica (Tamber-Rosenau & Marois, 2016).

### ***1.3.2 Atención central***

En la atención central, las representaciones y los procesos centrales son más "cognitivos" y, a menudo, de naturaleza mucho más abstracta. La atención central también puede influir en los futuros estados de atención central, por ejemplo, mediante la secuenciación de sub-objetivos; clásicamente, los procesos de atención más centrales se han asociado con el control ejecutivo o cognitivo, es decir, la capacidad de moldear los procesos cognitivos, las representaciones y los comportamientos de acuerdo con los objetivos de la tarea (Tamber-Rosenau & Marois, 2016).

La atención central controla la atención periférica indirectamente: la atención central representa y actualiza los objetivos y conjuntos de tareas que, en última instancia, influyen en las representaciones periféricas a través de la acción de los niveles medios de la jerarquía atencional. Además de la capacidad de seleccionar subconjuntos de representaciones externas o internas, el término atención se ha aplicado a tipos más centrales de procesamiento selectivo de la información, como el asociado con el mapeo de decisiones perceptuales con respuestas motoras, cognitivas u otras (Tamber-Rosenau & Marois, 2016).

### ***1.3.3 Atención periférica***

La atención periférica se relaciona con el mundo externo y las representaciones estrechamente asociadas con el mundo externo, como las representaciones de la memoria de trabajo de la información sensorial (Tamber-Rosenau & Marois, 2016). La atención selectiva es la asignación de capacidad de procesamiento limitada a uno o un número pequeño de artículos u objetivos a expensas de otros. La atención selectiva se ha estudiado principalmente en el contexto de la percepción sensorial, lo que generalmente arroja el resultado de que los elementos sensoriales atendidos se perciben con mayor rapidez y precisión que los elementos desatendidos; estos beneficios de procesamiento se han demostrado ampliamente para ubicaciones en el espacio, pero también para objetos y características perceptuales (Tamber-Rosenau & Marois, 2016).



### ***1.3.4 Atención sostenida***

La atención sostenida se refiere a la capacidad del individuo para mantener el estado de alerta al seleccionar determinados estímulos, durante un período de tiempo prolongado; esto implica que, al mismo tiempo, la persona ignore estímulos que pueden ser considerados como irrelevantes (Flores-Barrios et al., 2018)

### ***1.3.5 Atención Visual***

La atención visual se la define como el proceso de decodificación fonológica, encaminando los recursos cognitivos y lingüísticos sobre la cadena de letras, colaborando, de esta manera, en la construcción de entradas ortográficas para palabras nuevas (Ison & Korzeniowski, 2016)

## **1.4 Definiciones de la Atención Selectiva**

La atención selectiva, constituye una función mental que elabora parte de una información, en otras palabras, discrimina lo llamativo del estímulo, indicando que el proceso de selección de estímulos está unido a la atención, de tal forma que cuando un estímulo es escogido por alguna circunstancia este será el que forme el filtro de nuestra atención (Carpio, 2020).

Para Andrián (2019) la atención selectiva constituye una situación compleja, donde el sujeto se encuentra en un entorno variado que constituye diferentes detalles, es decir que en este caso el sujeto tiene como objetivo enfocarse primordialmente sobre una parte del objeto para responder de forma apropiada a los requerimientos de la situación. Esta atención se efectúa, de forma general en una selección, es allí donde proviene el nombre de atención selectiva, mediante un desplazamiento y posterior enfoque sobre la información que se constituye importante. Esta selección posee una doble consecuencia, en un primer momento activa la parte del ambiente o lugar elegido y, por otro lado, ignora en gran medida partes que constituye para el que son de menos importancia.

Además, la atención selectiva permite la regulación, obedeciendo a un orden decretado y al procesamiento de aquellos estímulos que son llamativos para la persona, desconociendo el resto de estímulos que los rodea (García, 1997). Y es que la atención selectiva se trata de la facultad de un sujeto para mantener su foco de atención y

comprender variados estímulos o aspectos, suprimiendo de manera espontánea las respuestas a componentes irrelevantes. Son diversos los investigadores que argumenta que la atención selectiva es una forma de estudiar los procesos selectivos de la atención, los cuales iniciarían de un concepto fundamental, como de la capacidad limitada del sistema, sin embargo, existe una gran mayoría de autores que sigue denominan con el nombre de atención selectiva únicamente a los procesos relacionado con la focalización (García, 1997)

### **1.5 Función de la Atención Selectiva**

Una de las funciones principales que propicia la atención selectiva es la facilidad en permitir la codificación y procesamiento del estímulo que se encuentre en el entorno y sea interesantes para la persona, sin tomar en cuenta la variedad de estímulos que los rodea (Quispe, 2013). Este tipo de atención básicamente constituye una habilidad que tiene el sujeto para centrarse y percibir determinados estímulos, cosas, imágenes eliminando de modo voluntario las respuestas o elementos insignificantes.

En otras palabras, se trata de la capacidad para escoger y poner en marcha los diferentes procesos cognitivos sobre aquellas novedades o actividades que le interesan al sujeto, suprimiendo aquellas que carecen de utilidad. Por consiguiente, es un proceso netamente de carácter activo que en gran dimensión viene mediatizado por los intereses de cada persona.

### **1.6 Atención Selectiva en Estudiantes Universitarios**

Durante el proceso de aprendizaje, el hecho de que los estudiantes permanezcan atentos durante la instrucción generalmente influye en su eficacia de aprendizaje (Liu et al., 2013). El rendimiento académico está determinado por una variedad de factores que incluyen la oportunidad educativa, el estado socioeconómico, las aptitudes sociales, los rasgos de personalidad y las habilidades cognitivas. Entre estos últimos, la capacidad de concentrarse en la tarea en cuestión e ignorar la distracción, también denominada atención selectiva, parece tener efectos relevantes en varios dominios importantes para los fundamentos académicos, incluidos el lenguaje, la alfabetización y las matemáticas (Stevens & Bavelier, 2011).

El hecho de que la atención pueda centrarse en un determinado punto o trabajo durante mucho tiempo implica un alto nivel de esfuerzo cognitivo. En este proceso, el

alumno debe ser capaz de prevenir o evitar otros estimulantes que atraen su atención, pero que no contribuyen al proceso de aprendizaje y propician esfuerzos para mantenerse en la actividad; de esta manera, la realización de la tarea de selectividad durante mucho tiempo y la concentración en los estímulos de atención deseados dependen de la estimulación continua (Cicekci & Sadik, 2019).

Los estudiantes universitarios experimentan a lo largo de sus estudios diferentes niveles de estrés que afectan el desenvolvimiento académico, la fijación del aprendizaje y su posterior rendimiento profesional. Según Alfonso et al. (2015), el estrés constituye uno de los problemas de salud más generalizado actualmente, es un fenómeno multivariable resultante de la relación entre la persona y los eventos de su medio. Ante el estrés académico los estudiantes deben dominar cada vez más las exigencias y retos, que les demanda la gran cantidad de recursos físicos y psicológicos para enfrentar esta problemática.

Por esta razón, que el estudiante universitario al vivir en constante estrés producto de factores sociales, familiares, académicos y laboral repercuten directamente sobre la capacidad de atención selectiva y los procesos de control atencional. De esta manera, el estrés puede generar un excesivo estado de vigilancia y que los procesos selectivos se vean afectados, ocasionando, por ejemplo, que los estudiantes se encuentren más pendientes de la información periférica que de los contenidos en los cuales se debe enfocar para aprender (Bernabéu Brotóns, 2017).

En la literatura académica se considera que los determinantes que estimulan la respuesta de estrés aparecen como consecuencia de la valoración inadecuada de los recursos disponibles para hacer frente a situaciones que demandan de un mayor grado de esfuerzo para la solución de problemas. El circuito cerebral es activado por un estímulo con carga emocional que se dirige del tálamo sensorial a la corteza y a la amígdala, de allí la información viaja por diferentes vías (hipófisis, tronco encefálico y prosencéfalo basal) que activan cada uno de los mecanismos de respuesta (Camargo Peña & Riveros Munévar, 2015).

De acuerdo con Prichard y Atkins (2019), la atención selectiva al contenido relevante para la tarea es una estrategia esencial para los lectores y existe evidencia de que los lectores competentes consideran más a menudo su propósito, por lo que centran

la atención de forma selectiva. Esto se vuelve fundamental para el desarrollo cognoscitivo y académico de los estudiantes universitarios, quienes tienen como objetivo central ejercer una profesión, lo que exige tomar conocimientos a través del proceso de aprendizaje; este último, exige la atención selectiva para aprehender contenidos y tomar decisiones acertadas.

El entorno en el cual se encuentre el individuo, como un estudiante, influye directamente sobre su estado de conciencia y en el nivel de atención que debe dirigir hacia las cosas, debido a las posibles alteraciones emocionales a las que se expone. Según un estudio realizado por Neilson et al. (2019), se destaca que los entornos urbanos son menos restauradores emocional y cognitivamente en comparación con los entornos naturales; además, la expansión urbana reduce la cantidad de entornos naturales disponibles. Esto se explica a través de la complejidad de los escenarios o entornos, lo que implica el número de elementos percibidos de forma independiente, de modo que un ambiente muy complejo tiene una gran cantidad de elementos que son diferentes y no se agrupan fácilmente.

### **1.7 Sistemas cerebrales y Bases Neuroanatómicas de la Atención selectiva**

La atención es un proceso psíquico que se encuentra asentado en la interacción que se genera entre elementos corticales de la corteza cerebral y elementos subcorticales, los cuales entran en actividad a través de una serie de mecanismos particulares que se encargan de regular la capacidad de la conciencia para tomar concentración sobre un fenómeno determinado de la realidad. Para que la corteza pueda efectuar este proceso psíquico requiere, primero que nada, colocarse en estado de actividad, es decir, debe estar en estado de excitación, por lo que la principal estructura involucrada será el sistema reticular activante que permite que la corteza cerebral alcance el estado de vigilia activa (Flores Sierra, 2016).

Es por ello que la atención selectiva es efectuada mediante tres sistemas cerebrales (ver figura 1). El primero que lleva como nombre sistema de alerta, tiene como función la de conservar un estado óptimo de vigilia en el ser humano, con el fin de recibir los diferentes estímulos provenientes del entorno, de esta manera propicia tener respuestas apropiadas, en lo que respecta a nivel neuroanatómico, este primer sistema desempeña sus funciones en zonas a nivel subcorticales como proyecciones al

sistema límbico, el tálamo, el sistema activador reticular ascendente, el locu cerúleo y la neo-corteza (Ramos et al., 2016).

Por otro lado, en el segundo sistema más conocido como el de orientación atencional, tiene como función la de permitir una correcta orientación espacial y ubicación de cualquier estímulo, este segundo sistemas sus bases neuroanatómicas que permiten un buen funcionamiento de la orientación y ubicación de los estímulos se encuentra en zonas corticosubcortical y es organizado por el núcleo lateral pulvinar que es el mayor núcleo del tálamo, el colículo superior y la corteza parietal posterior. Por último, el tercer sistema que se denomina el sistema atencional ejecutivo, es el responsable de seleccionar diferentes estímulos, pero de manera voluntaria inhibiendo la tendencia a responder automáticamente, en lo que respecta nivel neuroanatómico, el sistema atencional ejecutivo está conformado por estructuras de los lóbulos frontales mediales y del cíngulo anterior (Peterson & Posner, 2012).

En lo que respecta a estructuras corticales en la corteza cerebral que se ven involucradas en la atención incluyen las áreas visuales occipitales y visuales temporales (especialmente el córtex temporal inferior), el córtex parietal posterior, los campos oculofrontales, el córtex prefrontal lateral y el córtex cingulado. Sus principales interconexiones se sintetizan en tres circuitos. Uno inferior o llamado occipitotemporal que se encuentra ubicado en el área 17 de Brodmann, termina en la zona temporal inferior y mantiene importantes interconexiones con el córtex prefrontal dorsolateral (Andrián, 2019)

Un segundo circuito superior o llamado occipito-parieto-frontal, también arbitrariamente denominado ‘dorsal’, que se inicia de igual forma en el área 17 de Broadmann, interconecta con el córtex parietal posterior y de aquí a la corteza prefrontal dorsolateral. El córtex parietal posterior también muestra íntimas asociaciones con los campos oculares frontales, y, el córtex prefrontal dorsolateral, con la zona orbitofrontal lateral (Andrián, 2019).

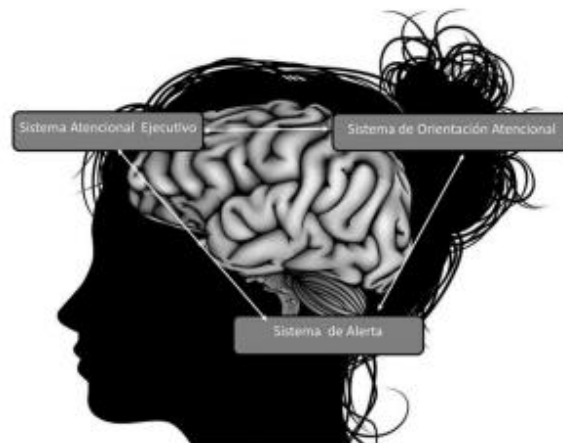
Y el último circuito que corresponde a las interconexiones del córtex parietal posterior, el córtex prefrontal dorsolateral y el cíngulo. Las interconexiones del córtex parietal posterior son más intensas con la zona posterior del cíngulo, mientras que la

corteza prefrontal dorsolateral mantendría interconexiones más destacadas con el cíngulo anterior (Andrián, 2019).

Por consiguiente, es necesario señalar que las bases neuroanatómicas de la atención en general son muy amplias, debido a que se encuentran entrelazadas con estructuras corticales y subcorticales profundas como el colículo superior, el pulvino (tálamo), el núcleo caudado, colículo superior y la pars reticularis ubicada en la sustancia negra, todas estas estructuras cerebrales constituyen el circuito neuronal más importante que se encuentran relacionadas con la atención.

### **Figura 1**

*Sistemas cerebrales involucrados en la atención selectiva*



*Nota.* Se observan las zonas cerebrales junto con los 3 sistemas que componen el proceso atencional selectiva. Tomada de (Carlos et al., 2019, p. 35).

### **1.8 Actividad Eléctrica de los Procesos Atencionales**

Mediante la técnica de electroencefalografía se ha podido estudiar diferentes capacidades cognitivas como es el caso de la atención, función cognitiva que ha sido muy estudiada, por ello, diferentes investigaciones han determinado aspectos que resultan interesante conocer sobre la atención mediante la técnica de electroencefalografía y los registros del electroencefalograma. Como es el caso del estudio de Flores, et al. (2019) donde estudio la actividad electrofisiológica de las ondas

beta a 14 voluntarios durante la desempeño de tareas que involucraba la atención selectiva, evidenciando valores de actividad antipersistente, sin diferencias entre las zonas prefrontal derecha e izquierda, el mismo estudio evidencia además que cuatro participante mostraron diferencias en la corteza temporal específicamente en el hemisferio izquierdo y dos en el hemisferio derecho y dos participante se observaron diferencias en la corteza occipital.

Otro estudio realizado por Maureira, et al. (2020) en que se basó en conocer la actividad de la onda gamma en una muestra de 12 voluntarios durante la resolución de la prueba denominada Toulouse-Piéron, se observó un aumento de actividad cerebral y correlación en los electrodos prefrontales, temporales y occipitales, el mismo estudio observó que ocho sujetos no presentaron correlaciones de las oscilaciones entre pares de electrodos durante la prueba y un sujeto presentó correlaciones en el hemisferio derecho y tres presentaron un alto número de correlaciones entre los seis electrodos analizados.

Del mismo modo, Maureira, et al. (en prensa) aplicando la prueba de símbolos y dígitos y la prueba de Stroop para la inhibición de la interferencia en una muestra de 14 sujetos, durante el desarrollo de las pruebas se obtuvo como resultado una mayor actividad eléctrica cerebral de las ondas gamma sin existir correlaciones de las oscilaciones.

En otro estudio de Maureira & Diaz (2021) sobre la actividad eléctrica no lineal de las ondas beta cerebrales en una muestra de 13 estudiantes varones universitarios, determinaron que mediante el desarrollo de tareas de atención se observan asimetrías en la región prefrontal y occipital en tres sujetos con mayor tendencia al caos en la región izquierda y en la región temporal, el estudio también demostró que en ocho estudiantes con mayor tendencia al caos en la región derecha.

Y por último Lee (2013) en su estudio sobre mecanismos y funciones de los ritmos theta revelo que los ritmos cerebrales que están relacionado y juegan un papel fundamental proceso de atención en sujetos sanos son las ondas theta- $\theta$  de 4-7 Hz, la presencia de esta onda estaría relacionadas con el apoyo que abastecen a los procesos cognitivos, entre ellos, el aprendizaje y la atención y las ondas alfa con un rango de 7-13 Hz, que aparecen en estados de alerta relajado.

## CAPITULO II

### Sistemas BCI y Técnica de Electroencefalografía

#### 2. Interfaz Cerebro Computadora

Las Interfaces Cerebro-Computadora o denominada por sus siglas BCI constituyen sistemas que evalúan la actividad eléctrica proveniente del sistema nervioso central, que se basan en una vez medida la transforman en salidas que sustituyen, restauran, aumentan, suplementan o perfecciona las salidas naturales de aquellos sistemas, por consiguiente, altera las interacciones en curso entre el ser humano y su entorno interno o externo (Alonso et al., 2019)0

Las señales que se mide se producen de la actividad neuronal, donde pueden ser adquiridas de modo no invasivo, esto gracias a la técnica denominada electroencefalografía (EEG), que es una técnica que posibilita a la exploración neurofisiológica con torno a la actividad electrofisiológica que produce el cerebro humano, de esta manera posibilita a la recopilación y registro de señales bioeléctricas (Arafat, 2013)

Por otro lado, las interfaces cerebro-computador emplean la información neuronal para la manipulación de dispositivos de tipo externo como pueden ser sillas de rueda. Video juegos, prótesis, equipos robóticos, exoesqueletos, armamento y una gran variedad de equipos. Regularmente, se distingue la aplicación de las interfaces cerebro-computador no solo para evaluar funciones cognitivas mediante el estudio de señales electrofisiológica, sino también para tratar de mejorar la operatividad de los sujetos con algún tipo de complicación en sus movimientos o alguna condición neurodegenerativa (Monasterio et al., 2019).

Normalmente en el estudio con la interfaz BCI las ubicaciones de los electrodos se seleccionan arbitrariamente del área del cuero cabelludo correspondiente a la región cortical motora para registrar la actividad eléctrica del cerebro. Es bien sabido que la variación de la distribución del potencial superficial en el cuero cabelludo refleja las actividades funcionales que emergen del cerebro subyacente; esta variación del potencial de superficie se puede registrar y medir el voltaje de los electrodos, que luego se filtran, amplifican y registran. Los electrodos conducen potenciales de voltaje como



señales de nivel de microvoltios y los llevan a amplificadores que magnifican las señales, aproximadamente, diez mil veces (Sumathi et al., 2018).

## **2.1 Bioseñales Neurológicas**

Para Morán (2015) en la corteza cerebral se producen múltiples señales que surgen de la anatomía y de los procesos electrofisiológicos que suceden en el cerebro humano llamado bioseñales neurológicas, esta clase de señales se producen por las variadas interconexiones que presentan los millones de neuronas y las membranas nerviosas. Este grupo de bioseñales son una clase de biopotenciales desencadenadas desde las membranas de las células nerviosas que se encuentran almacenada en el cerebro humano. Por consiguiente, para el registro de las señales neurológicas es necesario la implementación y observación del registro denominado electroencefalograma, cuyo objetivo principal es el registro de información procedente de la actividad cerebral que es captada mediante la presencia de diferentes estímulos de tipo sensorial.

## **2.2 Equipo OPENBCI EEG**

Es un equipo creado con la finalidad de poder estudiar, observar y realizar mediciones de las señales electrofisiológicas que provienen del cerebro, está diseñada para realizar mediciones altamente confiables mediante la técnica de EEG, esto gracias al uso de biosensores y microcontroladores de bajo presupuesto, lo que facilita la adquisición de la actividad eléctrica cerebral. Una de las ventajas de este dispositivo es que se basa en el uso de código abierto, de sus herramientas, aplicaciones e incluso el procesamiento de las señales recopiladas (OpenBCI, 2022).

El OpenBCI permite a cualquiera con una computadora acceder a registros de ondas cerebrales; es una plataforma de interfaz cerebro-computadora de código abierto por lo que no involucra costos de licencia, adquisición o mantenimiento. OpenBCI es un sistema de biodetección que puede muestrear la actividad eléctrica del cuerpo humano, como la actividad del cerebro (EEG), el músculo esquelético (EMG) y el corazón (ECG) (Open Source Imaging, 2020).

Para su funcionamiento, utiliza un sistema que se ejecuta con una tarjeta de procesador de 32 bit, por lo que alberga una buena capacidad de almacenamiento y velocidad de procesamiento, respecto a los electrodos son de tipo húmedos que permite la utilización de más de ocho canales, otra facilidad es que permite poder diseñar su

propia base según las necesidades del sujeto en cuanto a canales y posición de los electrodos basando siguiendo el sistema internacional 10-20, estos electrodos posibilitan la recopilación de información por medio de comunicación inalámbrica desde el celular por medio de bluetooth, otras características del presente equipo se argumentaran a continuación (OpenBCI, 2022).

### **2.2.1 Características**

- Posee un diseño cómodo y elegante que es compatible para la realización de mediciones de EEG con el uso de electrodos húmedos.
- Está diseñado para acoplarse a la mejor de la calidad de la señal y de su comodidad.
- Su uso está enfocado en el área de la investigación.
- Compatibilidad con el software de código abierto de forma gratuita de OpenBCI
- Compatibilidad con la mayoría de los bioamplificadores
- Electrodos que se utilizan se basan siguiendo el sistema de ubicación 10-20 reconocido internacionalmente.
- Todo el equipo es de sencillo acceso y fácil de limpiar.

### **2.3 La Electroencefalografía**

La EEG es la una técnica que mide la actividad bioeléctrica de los millones de neuronas que se encuentran situadas en la capa de células piramidales del córtex cerebral. La utilidad que proporciona es la de acceder a evaluar los potenciales eléctricos que se generan en el cerebro humano. Cuyo voltaje que se genera desencadena y sobrepasa las diferentes estructuras cerebrales hasta llegar a los electrodos ubicados en las zonas fronto-temporal del cuero cabelludo del sujeto, lo que permite que las señales sean captadas, filtradas, amplificadas y analizadas.

Este procesamiento de las señales obtenidas precisa de complejos algoritmos y cálculos que son desarrollados por diferente sistema informático. Mediante el apoyo y utilización de un equipo llamado electroencefalógrafo se adquiere un registro de la actividad cerebral denominada electroencefalograma, por lo que este registro es útil para el estudio del sueño, aprendizaje y la conciencia, así como para el conocimiento de

diferentes patologías, hematomas, lesiones, enfermedades encefálicas degenerativas e incluso tumores (Navarro, 2012).

Cabe recalcar que los registros obtenidos mediante esta técnica demuestran tener formas muy variadas y complejas que varían dependiendo de varios factores como la ubicación de los electrodos, la edad de la persona, estado de alerta, sueño, somnolencia y condición de reposo. Esto se determina por la gran cantidad de interconexiones que desencadenan las neuronas y por la estructura no uniforme que tiene el cerebro humano (Navarro, 2012).

#### **2.4 Medición a Través de la Electroencefalografía**

En 1929, el psiquiatra alemán Hans Berger registró las señales cerebrales de los seres humanos y usó el término electroencefalograma (EEG) para describir las señales cerebrales en un gráfico; la técnica de imagen de EEG es simple y económica, y tiene numerosas aplicaciones clínicas y no clínicas (Tandle et al., 2016).

Un EEG es el instrumento que genera un registro de la actividad eléctrica del cerebro midiendo el potencial eléctrico usando un electrodo adherido al cuero cabelludo; los impulsos son amplificados y registrados digitalmente por una computadora. Las grabaciones se ven como líneas onduladas, a veces llamadas ondas cerebrales (Murugesan, 2011). El EEG registra señales del cuero cabelludo y, por lo tanto, tiene algunas limitaciones, tal como la sensibilidad a varios ruidos distintos de los estímulos externos; así, reconociendo estas limitaciones, se deben aplicar filtros antes del análisis, como el marcado y la eliminación de artefactos (Oh et al., 2020).

El registro de la señal se obtiene colocando electrodos en el cuero cabelludo con un gel o pasta conductora, generalmente después de preparar el área del cuero cabelludo mediante una ligera abrasión para reducir la impedancia debida a las células muertas de la piel; cada electrodo está conectado con un cable individual hasta el equipo central (Thomas et al., 2016).

La EEG es una herramienta confiable para el diagnóstico de tumores cerebrales; muestra cambios en la fisiología del cerebro y la condición del paciente (Arapova et al., 2016). La información sobre las células nerviosas de la corteza cerebral del cerebro produce actividad eléctrica (Rashid et al., 2015). El cerebro vivo produce una salida continua de pequeñas señales eléctricas, a menudo denominadas ondas cerebrales; así,

el registro de estas señales es la suma de todos los potenciales post-sinápticos de las neuronas en la corteza cerebral (Murugesan, 2011).

Un EEG puede ser un método apropiado para medir las respuestas neurológicas activas a los estímulos externos que implican la atención en tiempo real y, por tanto, es útil para experimentos con una amplia gama de tareas cognitivas y aplicaciones del mundo real en el futuro (Oh et al., 2020). Según Rai et al. (2020); El EEG ofrece una resolución temporal mejor que las resonancias magnéticas funcionales y es una solución económica que puede medir directamente la actividad cerebral; puede aproximar la actividad espacial con el uso de una mayor cantidad de electrodos colocados en el cuero cabelludo, proporcionando una mejor resolución temporal y, por lo tanto, haciéndolo una opción escalable.

## **2.5 Captación de la Electroencefalografía**

Para poder captar, procesar y analizar la actividad bioeléctrica cerebral es necesario el uso de diferentes electrodos que irán ubicado sobre el cuero cabelludo. Los electrodos deben ser diseñados y elaborados de tal forma que posibilite el registro de la actividad eléctrica de forma correcta y con el mínimo de alteraciones. Desde la fisiología, las características de lo que se quiere registrar y analizar dependerán de la situación anatómica y el tipo de electrodos a utilizar, además del tipo de circuito amplificador que se requiera. Esto debido a que los electrodos pueden dependiendo de sus características como su tamaño y formas, aplicados sobre el cuero cabelludo por diferentes medios que deberán ser tomados en cuenta al momento de su uso (Pinillos, 2003). Por consiguiente, para Gómez et al. (2018) una captación exitosa de las señales que se quieran obtener, es fundamental la utilización básicamente tres tipos de electrodos que irán ubicado en zonas corticales y subcorticales que se describen a continuación:

- **Electrodos Superficiales:** tipo de electrodos ubicados directamente sobre el cuero cabelludo, constituye el tipo de electrodos más utilizado debido a ser poco invasivo.
- **Electrodos Basales:** tipo de electrodo que van ubicados en sobre la base del cráneo, lo que diferencia a tipo de electrodos es que este no necesita de procedimientos quirúrgicos.
- **Electrodos Quirúrgicos:** tipo de electrodo que entre sus características es que posee un diseño tipo aguja, a comparación de los anteriores estos electrodos

necesita de ley una intervención quirúrgica para ser colocados a nivel cortical o intracerebral.

## **2.6 Artefactos en Electroencefalografía**

Los electrodos utilizados en la técnica de EEG, al ser ubicado de manera directa sobre la superficial del cuero cabelludo, presentan una variedad de cantidad de señales que no de procedencia a nivel cerebral por lo que se les llegan a denominar ruidos. Con técnicas de preprocesamiento digital es posible eliminarlas (Pineda, 2021).

Las señales que se obtienen y se registran en el EEG son muy complejas, debido a que contienen la totalidad de la actividad de diferentes grupos de células neuronales localizadas en diferentes áreas cerebrales y también se puede recopilar la actividad eléctrica de procedencia extracerebral que se los denomina artefactos (Urgilés & Vásquez, 2018). Por ende, los artefactos pueden catalogarse en 2 tipos: Externos e Internos en los que pueden ser ruidos ambientales, cardiacos, oculares, musculares entre otros.

### **2.6.1 Artefactos Externos**

Son producidos por el equipo EEG, de algún instrumento o incluso del medio ambiente, en la cual pueden se pueden dar por:

- Incorrecta ubicación y colocación de electrodos y montajes.
- Alteración de los parámetros de calibración.
- Corriente alterna.
- Estado de los electrodos que pueden estar sucio, deslizados, exceso de sudor, poca pasta conductora, posición inadecuada.
- Electricidad estática (fuga de corriente)
- Elementos eléctricos externos.

### **2.6.2 Artefactos Internos**

Son producidos a causa del mismo sujeto, en los que se encuentran:

- Marcapasos, que son señales intermitentes que ocasionan una alteración en la señal del EEG.

- Respiración
- Exceso muscular como tics nerviosos, temblores involuntarios y deglución.
- Movimientos oculares como puede ser el parpadeo.
- Movimientos del paciente se da en sujeto muy inquieto.

## **2.7 Sistema de Posicionamiento de Electrodo 10/20**

El sistema de posicionamiento internacional de electrodos denominado 10-20 posibilita la estandarización de la ubicación y colocación de los electrodos en la superficie del cuero cabelludo, basándose en referencias craneanas, este tipo de sistema unifica internacionalmente la terminología y colocación de los electrodos en el cráneo lo que brinda la facilidad durante la recopilación de la señal.

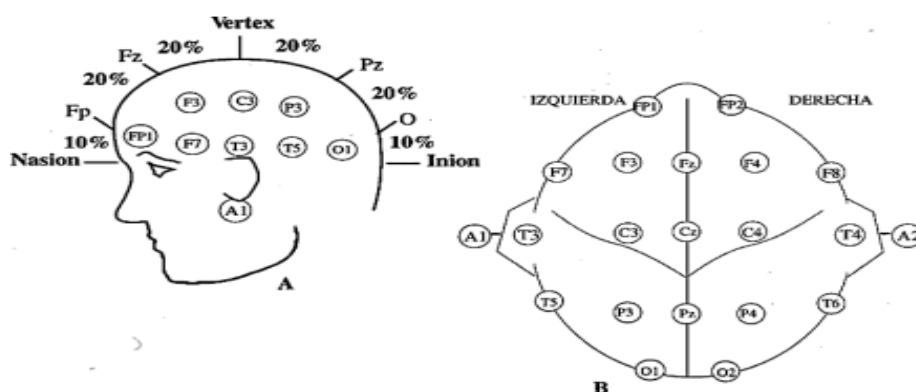
Otra de las funciones de seguir este sistema de posicionamiento, es que permite recoger mediante electrodos la actividad eléctrica de la corteza cerebral, de ahí donde recibe el nombre de 10-20, debido a que los electrodos están distanciados a una medida entre 10% y el 20% de la distancia craneal (Véase Figura 2) (Navarro, 2012).

Según Navarro (2012) existen puntos clave que se deben seguir para realizar la medida que son:

- Nasión: consiste en la medida desde el punto de intersección ubicado al frente y en la nariz.
- Inión: medida ubicada desde la zona occipital, básicamente en la zona posterior del cráneo.
- Punto Preauricular: en frente del pabellón de la oreja

### **Figura 2**

## Ubicación de los Electrodo Siguiendo el Sistema de Posicionamiento 10/20



Nota. Figura A. Vista de Perfil. Y figura B. Vista Superior. Tomada de (Urgilés & Vásquez, 2018).

### 2.8 Patrones de Ondas Cerebrales

Todo el sistema bioeléctrico que sucede en el encéfalo producto de los potenciales transmembranales, electrogénesis, generadores corticales y grandes grupos celulares, percibidas en el córtex, produce diferentes oscilaciones neuronales que son clasificadas y se diferencian de acuerdo con su amplitud y frecuencia (Castelblanco et al., 2017). Por lo que, las principales ondas cerebrales producen el cerebro humano y que pueden ser estudiadas son llamadas: alfa, theta, beta, delta, y gamma que brevemente se definirán (Maureira y Flores, 2018).

**Delta:** Son el tipo de onda más lentas que produce el cerebro, estas se pueden ver en la persona durante el sueño profundo, por esa razón son denominadas ondas del sueño. Este tipo ritmo cerebral presentan un rango de frecuencia que varía ente los 0,5 a 4 Hz y un pico de voltaje muy alto que va desde los 20 hasta 200  $\mu\text{V}$ . En términos generales, estas ondas cerebrales tienen la mayor amplitud, con una baja frecuencia, en lo que respecta a las áreas cerebrales este tipo de ondas se observan en zonas frontales, temporales, parietales, occipitales y centrales.

**Theta:** Son el tipo de ondas que se llegan a observa en estados de somnolencia y meditación. Este tipo ritmo cerebral presentan un rango de frecuencia que varía ente los 5 a 7 Hz y con un pico de voltaje de mayor amplitud que va desde los 20 a 100  $\mu\text{V}$ . Este tipo de onda cerebral se puede hallar en regiones del lóbulo temporal, frontal y parietal.

**Alpha:** Son el tipo de ondas cerebrales que se observan cuando el sujeto está en estado de relajación específicamente con los ojos cerrados y en estado de vigilia cuando se presencia de leve actividad mental en la persona. Este tipo de onda cerebral se puede hallar en la mitad posterior de la cabeza sobre zonas occipitales además de zonas temporales, parietales y centrales. Estas señales presentan un rango de frecuencia entre 8-12 Hz y con un pico de voltaje bajo con amplitud que varía entre los 20 y 60  $\mu$ V.

**Beta:** Son el tipo de ondas cerebrales que se observan principalmente en estado atención activa, estado mental de alta concentración, los movimientos de las extremidades superiores e inferiores y actividad muscular, de ahí que recibe el nombre de ritmo sensorial motor. Este tipo de onda cerebral se pueden observar principalmente y con mayor aumento en regiones frontales y parietales del cerebro. Las señales asociadas a este ritmo poseen un rango de frecuencia que va desde los 13 a 26 Hz y voltaje que rondan entre 2-20  $\mu$ V.

**Gamma:** Son el tipo de ondas cerebrales que se observan principalmente en cuando el sujeto está desarrollando actividades cerebrales intensas o durante el proceso de combinar diferentes sentidos como el auditivo, visuales y táctiles. Las señales asociadas a este ritmo poseen un rango de frecuencia que suelen rebasar los 30 Hz, por lo que es el tipo de onda con la frecuencia más alta y su amplitud la más baja. En este tipo de onda cerebral suelen verse en zonas frontales, parietales y occipitales.

## **2.9 Tareas utilizadas para el estudio de la atención: Stroop**

Para el estudio de los diferentes efectos, características de la atención en el ser humano, se han utilizado diferentes paradigmas que involucran tareas atencionales, una de las más utilizadas involucra tareas que conlleva colores y palabras más conocido como Stroop. El efecto Stroop se refiere a experimentar dificultad (conflicto o interferencia) al nombrar un color físico (usamos el término 'tono') cuando se usa para deletrear el nombre de un color diferente (el efecto de incongruencia), pero no cuando simplemente lea palabras de colores. (Wright, 2017). Por lo tanto, permite que el sujeto tenga mayor atención focal, por la complejidad que lleva la tarea stroop, es decir, indicando el color de las letras.

El "efecto Stroop" es un conocido efecto de interferencia de "color-palabra" en el campo de la psicología cognitiva y en el vasto campo de investigación que se ha



desarrollado en torno a la capacidad de atención de los individuos. Cuando el estímulo tiene estas dos dimensiones (color y palabra), se ha demostrado repetidamente que es más fácil leer las palabras ignorando el color en el que están escritas, que nombrar el color ignorando las palabras mismas. Dada esta tarea, los errores y los tiempos de respuesta (TR) aumentan significativamente en los ensayos incongruentes, en los que el color y la palabra no coinciden (por ejemplo, la palabra "verde" escrita con tinta roja), en comparación con los ensayos congruentes (por ejemplo, la palabra "verde" escrito en verde), o ensayos neutrales (por ejemplo, la palabra "dado" escrita en azul) (Gutiérrez-Martínez et al., 2018).

## **2.10 Ondas Beta**

En todas las circunstancias de la vida las neuronas del cerebro humano están incesantemente activas y emiten pequeñas cantidades de ondas electromagnéticas. Estas ondas electromagnéticas se capturan como señales de la técnica de electroencefalografía (EEG) (Liu et al., 2013); la EEG es un proceso que se utiliza para registrar la actividad eléctrica del cerebro mediante el uso de electrodos adheridos al cuero cabelludo; se registran ondas electromagnéticas que se expresan en un gráfico (Camelo et al., 2015). Sin entrenamiento, los humanos generalmente no pueden controlar las fluctuaciones en sus señales de EEG; por lo tanto, el uso de señales de EEG para determinar si los estudiantes están aprendiendo con atención es viable (Liu et al., 2013).

Las ondas Beta están relacionadas con la capacidad cognitiva y, su presencia y evolución, con el estado de alerta de un individuo; así, la monitorización e interpretación de las ondas cerebrales puede ofrecer mediciones sobre los cambios en la capacidad cognitiva (Tiago-Costa et al., 2016).

Las ondas se producen cuando el cerebro está despierto e implicado en actividades mentales. Las ondas tienen una frecuencia de entre 13 Hz y 30 Hz, lo que indica una alta velocidad de propagación y su presencia está asociada con un estado de alerta–excitación (Tiago-Costa et al., 2016). El cambio de las ondas Beta se refiere al ritmo dominante durante los estados de alerta o ansiedad; por lo general, se observa desde las porciones frontal y central del cerebro, representa una regularidad y se observa en todos los grupos de edad (Thomas et al., 2016).

La actividad Beta puede ocurrir en humanos mientras se realiza una tarea motora que requiere un alto tiempo de reacción (Tiago-Costa et al., 2016). Por su parte, Castelblanco-Montañez et al. (2017), afirman que las ondas Beta se ubican dentro del rango de frecuencia de 14–26 Hz, lo cual está asociado con el ritmo habitual en el estado de vigilia del cerebro, relacionado con el pensamiento y la atención.

Las ondas Beta se conocen como ondas cerebrales de alta frecuencia y baja amplitud que se observan comúnmente mientras la persona está despierta; por lo que estas ondas están involucradas en el pensamiento consciente, el pensamiento lógico y tienden a tener un efecto estimulante. Tener una frecuencia alta de ondas Beta se asocia con estados de excitación, lo cual puede llevar a experimentar estrés o ansiedad excesivos; asimismo, cuando se bebe cafeína u otro estimulante, la actividad Beta aumentará (Chauhan & Singh, 2016).

### **2.11 Estado de la conciencia**

La conciencia puede atravesar por varios estados en los individuos; los estados esenciales son la vigilia y el sueño (McKilliam, 2020). La conciencia aparentemente se pierde y se recupera todos los días desde el momento en que la persona se duerme hasta que despierta; la conciencia también puede ser abolida transitoriamente por agentes farmacológicos o permanentemente por una lesión cerebral (Demertzi et al., 2019). El estado de vigilia es un estado consciente caracterizado por un alto nivel de actividad cerebral, en especial relacionado con el intercambio de información entre el sujeto y el entorno (Demertzi et al., 2019).

Según Priya y Abha (2020), las ondas cerebrales Beta se han correlacionado con la atención, la concentración, la resolución de problemas mentales complejos y el aumento de la dificultad de las tareas. Aunque el sueño parece ser una actividad pasiva, en realidad involucra un mecanismo de circuitos cerebrales altamente activo y bien estructurado que da como resultado las diversas etapas del sueño; durante el sueño, las células cerebrales se apresuran a progresar a través de una serie que se denomina ciclo del sueño (Chauhan & Singh, 2016).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3. Método

El presente estudio es de tipo analítico, de diseño no experimental. El estudio se realiza con el propósito de analizar las ondas beta mediante el desarrollo de un paradigma con tareas experimentales de tipo Stroop. Las variables principales del estudio son: tiempo de respuesta del estudiante y frecuencia de las ondas Beta; las mediciones se realizaron a través de la técnica de EEG cuantitativa cuyos registros se obtendrán mediante el OpenBCI. La investigación se efectuó en la ciudad de Cuenca-Ecuador, en el periodo comprendido entre los meses de julio del 2021 a marzo del 2022.

#### 3.1 Preguntas de investigación

¿Cuál es la correlación entre el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas beta por la ejecución de tareas Stroop de atención selectiva en estudiantes universitarios sanos a través de electroencefalografía cuantitativa, en la ciudad de Cuenca, año 2021?

¿Qué sectores topográficos cerebrales tendrán mayor activación en la resolución del paradigma de atención selectiva?

#### 3.2 Objetivo general

Correlacionar el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas Beta con la ejecución de tareas Stroop de atención selectiva en estudiantes universitarios sanos a través de EEG cuantitativa, en la ciudad de Cuenca, año 2021.

##### 3.2.1 *Objetivos específicos*

- Describir las propiedades y características del electroencefalograma.
- Examinar el comportamiento de las ondas cerebrales Beta en los estudiantes universitarios.
- Describir las características de la atención selectiva mediante las tareas Stroop.
- Calcular la correlación entre el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas Beta con la ejecución de tareas Stroop de atención selectiva mediante electroencefalografía cuantitativa.

### **3.3 Instrumentos**

Para el desarrollo de la investigación, se usó en primera instancia plataforma de programación y cálculo numérico Matlab, programa de software libre RStudio, paradigma con tareas experimentales Stroop, el test de evaluación cognitiva de Montreal y el dispositivo OPENBCI EEG, los mismos que serán definidos a continuación:

#### ***3.3.1 Plataforma de programación y cálculo numérico Matlab***

Para el análisis de las señales electrofisiológicas se utilizó el programa Matlab que es un programa de lenguaje de programación que posibilita a la realización del cálculo de tipo numérico y simbólico de forma fácil, amigable para los usuarios, este tipo de software posee entre su diseño que es apropiado desde su percepción, además que la visualización que posee permite que el trabajo sea confortable y agradable para el trabajo científico. Este tipo de software destaca en sus características la presencia de un entorno interactivo para el análisis y el modelado.

Se debe resaltar que este tipo de software posee gran relevancia debido a que se le considera uno de los mejores en el ámbito de la investigación por su lenguaje de programación que es muy avanzado y que dispone desde el punto de vista vector y de matriz. Por último, el entorno posee una variedad de funciones específicas para determinadas aplicaciones en gran variedad de rama científica (Fernández, 2019).

#### ***3.3.2 Software Rstudio***

Rstudio es un programa estadístico y un lenguaje de programación de uso libre, de distribución gratuita y código abierto, desarrollado a partir de un proyecto colaborativo voluntario de investigadores y estadísticos de diversos países y disciplinas. Es un programa basado en comandos, que permite acceder a todos los procedimientos y opciones a través de una sintaxis textual (Avello & Seisdedo, 2017).

Otras de sus características más relevantes es que posee entre sus herramientas una consola donde posibilita la edición de sintaxis que ayuda al desarrollo de código y una otras variedades de herramientas para el trazado, la depuración y la gestión del espacio de trabajo.

#### ***3.3.3 Paradigma con tareas experimentales Stroop***

Paradigma que incluye tareas tipo Stroop de atención selectiva adaptados por el software de acceso libre para experimentos de neurociencias denominado PsychoPy.

Las tareas del paradigma están compuestas por 26 estímulos en 4 bloques, separados por dos períodos de reposo de 5 segundos. El tiempo de presentación del total de estímulo fue ilimitado debido a que la emisión de respuesta dependió de la velocidad en que responda los estímulos cada participante, lo que posibilitó al registro del tiempo preciso de respuesta de cada uno de los estímulos.

En este tipo de tareas la consigna fue mostrarle al participante en el centro del monitor círculos con colores, se les pidió a los participantes presionará la tecla correspondiente al color de la tinta con la que se muestra la palabra escrita, cabe destacar que el color diferirá de la palabra. Para seleccionar las respuestas se utilizan los números 1 que corresponde al color azul; 2 que representa el color rojo; 3 que pertenece al color amarillo y el número 4 que concierne al color verde.

### ***3.3.4 Equipo OpenBCI EEG***

Para el desarrollo de la siguiente investigación se empleó un equipo OpenBCI EEG de 8 canales siguiendo el sistema de posicionamiento 10-20 (Véase Figura 3). Este dispositivo permite la captura de datos EEG de alta definición de las 5 diferentes frecuencias de ondas cerebrales que produce el cerebro humano como son las ondas delta (0-4 Hz), theta (4-8 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (12-30 Hz) y gamma (30-60 Hz).

### **Figura 3**

*Dispositivo OpenBCI EEG*



*Nota.* Dispositivo OpenBCI EEG utilizado en la presente investigación. Tomado de (OpenBCI, 2022)

### ***3.3.5 Escala de evaluación cognitiva de Montreal***

Una de las escalas que se utilizó en la presente investigación con el propósito de conocer e identificar si los sujetos de nuestra muestra poseían alguna deficiencia cognitiva, debido a que, si se observaban en los resultados puntajes inferiores, podría suponer la presencia de alguna deficiencia cognitiva por lo que no podrían formar parte la investigación. Se eligió esta escala debido al corto tiempo de duración de la aplicación (5 a 10 minutos), además de permitir evaluar diferentes áreas cognitivas en el ser humano como son funciones ejecutivas, habilidad visoespacial, identificación, atención, memoria, lenguaje, abstracción, el recuerdo diferido y orientación (Rodríguez et al., 2014).

### **3.4 Procedimiento**

Una vez brindara la aceptación para el estudio a través del consentimiento informado (ver anexo 1) los 20 participantes se sometieron a la evaluación cognitiva breve y a una entrevista semiestructurada (ver anexo 2) para la obtención de información en torno a dispositivos auxiliares como audífonos o lentes y preguntas relacionadas con información sobre antecedentes personales específicamente de enfermedades relacionadas con el sistema nervioso, trastornos psicológicos y consumo de medicamentos u otras sustancias psicotrópicas.

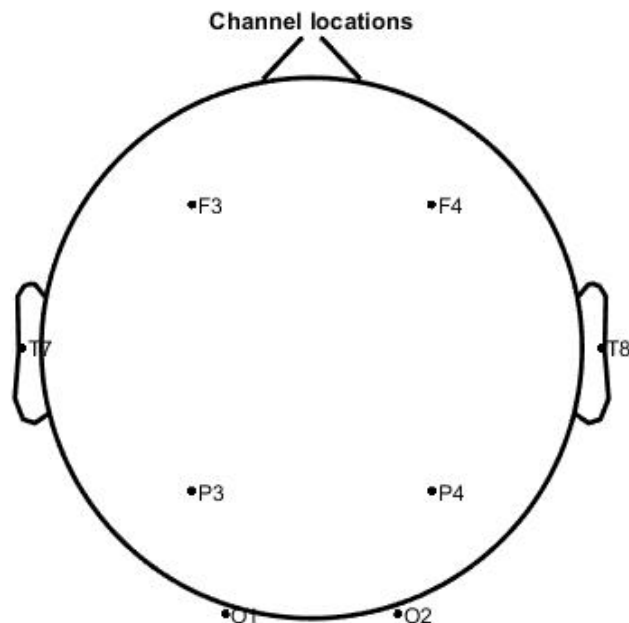
Posteriormente se aplicó la evaluación cognitiva Montreal (MoCA), mismo que permitió valorar las funciones cognitivas básicas como la atención, memoria, lenguaje, etc. Esta evaluación permitió lograr una apreciación del estado cognitivo de cada participante para poder pasar a la siguiente fase de colocar el sistema EEG y aplicar el paradigma de atención selectiva.

Se utilizó el Test de Stroop Victoria adaptado por Ramos, C. (2017), este instrumento consta de 4 bloques cada uno con 26 estímulos (Charchat-Fichman y Martins, 2009). Para seleccionar las respuestas se utilizan los números 1 que corresponde al color azul; 2 que representa el color rojo; 3 que pertenece al color amarillo y el número 4 que concierne al color verde. Para la resolución el participante presionará la tecla correspondiente al color de la tinta con la que se muestra la palabra escrita, cabe destacar que el color diferirá de la palabra. Dichas tareas generarán un efecto de interferencia y el sujeto debe inhibir la tendencia de respuesta automática.

Las mediciones se realizaron a través de EEG cuantitativo de 8 canales distribuidos sobre las zonas frontales, parietales, temporales y occipitales (F3, F4, P3, P4, T3, T4, O1, O2) como se muestra en la figura 4. Los registros se obtuvieron por medio del casco “electrode cap” y la interfaz software de OpenBCI. El Brain Control Interface (BCI) se entiende como aquella tecnología que, mediante de la adquisición de datos de las ondas cerebrales, permite obtener mediciones de diferentes niveles de onda para describir el comportamiento cerebral. Los datos fueron registrados a una frecuencia de muestreo de 125 Hz, se aplicaron los filtros pasa banda (13-25 Hz) y el filtro Notch 60 Hz para evitar obtener señales con ruido causado por movimiento.

#### **Figura 4**

*Ubicaciones de los canales utilizados en la investigación*



*Nota.* F corresponde a frontal, T a temporal, P a parietal y O a occipital, los canales pares fueron ubicados en el hemisferio izquierdo y los impares en el hemisferio derecho.

### **3.5 Universo y Muestra**

Se eligió una muestra mediante el método de tipo no probabilístico con inclusión por conveniencia, que fue formado por  $n=20$  estudiantes universitarios que cursaron estudios superiores durante el año 2021 que estuvo conformado por 12 estudiantes del género femenino y 8 del género masculino, con edades que rondaban los 18 y 30 años

sin presencia de alguna patología media. Cabe recalcar, que la muestra que se seleccionó incluyó a participantes que tuvieron las siguientes características: participación voluntaria, facilidad de acceso y disponibilidad de tiempo.

### ***3.5.1 Criterios de inclusión para la selección de los participantes del estudio***

- Que los participantes sean diestros y tengan una edad de 18 años a 30 años.
- Que en la escala de Evaluación Cognitiva de Montreal alcance una puntuación igual o mayor a 26.
- Que brinde la aceptación al estudio por medio del consentimiento informado.

### ***3.5.2 Criterios de exclusión para la selección de los participantes del estudio***

- Que los participantes tengan algún tipo de discapacidad física o intelectual que dificulte el entendimiento y la resolución del paradigma de atención selectiva.
- Que presenten algún tipo de trastorno psicológico y exista la toma de medicamentos o psicofármacos.
- Que los partícipes sean consumidores de sustancias psicotrópicas.

## **3.6 Consideraciones éticas**

Para el proceso investigativo la finalidad fue cumplir los objetivos de interés para obtener información con validez y evitando mala conducta científica. Desde el enfoque de investigación con seres humanos se cumplieron los principios éticos de Helsinki, en donde el principio básico es el respeto por el sujeto que garantiza la integridad tanto del individuo, así como de la información brindada por cada participante (Acevedo, I., 2002). De esta forma se respetó el derecho a la decisión de participar del estudio por medio de la colaboración voluntaria, para esto, fue indispensable el uso de un consentimiento informado, en el cual se explicó el objetivo del estudio y sus alcances, así como sus riesgos y beneficios

## **3.7 Adquisición, procesamiento de señales y análisis estadístico**

En cuanto a la adquisición y el procesamiento de las señales EEG fue necesario tomar tanto los tiempos de reposo, así como los de actividad mediante la resolución del paradigma, cabe destacar que este procedimiento fue realizado de manera manual. Los recortes de los archivos de cada participante fueron divididos por medio de los tiempos



tomados a través de la herramienta Matlab por medio de un código de programa desarrollado por un docente de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Azuay.

En cuanto al análisis en el presente estudio, para optimizar la interpretación y lo que ocurre en cada participante se analizaron los mapas de calor mediante el análisis de componentes independientes, así como los espectrogramas de cada canal en la frecuencia Beta (13-25 Hz) para así identificar cómo se comporta la actividad bioeléctrica en esta banda de frecuencia. Para esto se utilizó la transformada rápida de Fourier para así transformar las señales entre el dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia.

En cuanto a los datos obtenidos de las frecuencias se ingresaron a una base de datos diseñada en una hoja de cálculo de MS-Excel para luego ser importadas en el software estadístico RStudio en el que se realizará el tratamiento estadístico de los datos y que es código gratuito abierto. Para el análisis estadístico, se utilizó la prueba de normalidad Liliefors (Kolmogorov Smirnov), las variables de tiempo de respuesta y la frecuencia promedio Beta se analizaron por medio de los diagramas de caja y los histogramas, en cuanto a los diagramas de caja se encontraron errores atípicos, lo cual, se usó la prueba de correlación de Kolmogorov Smirnov Asimismo, se usaron gráficas de dispersión X, Y en donde se identificaron patrones de crecimiento, decrecimiento, agrupamiento, y de no hay relación. En este sentido, si los valores son cercanos a +1 existe relación con patrón creciente; si los valores son cercanos a -1 existe una relación con patrón decreciente.

Por último, se muestran los gráficos de las frecuencias dominantes del espectrograma de las señales del EEG en la que se utilizó una frecuencia de muestreo de 0.5 a 60 Hz de los canales F3 (11), F4 (12), P3 (15) y P4 (16) que hacen referencia a las localizaciones cerebrales donde se pronostica mayor activación siguiendo lo que plantea la literatura, por tal motivo se eligió estos canales para mostrarlo mediante un espectrograma.

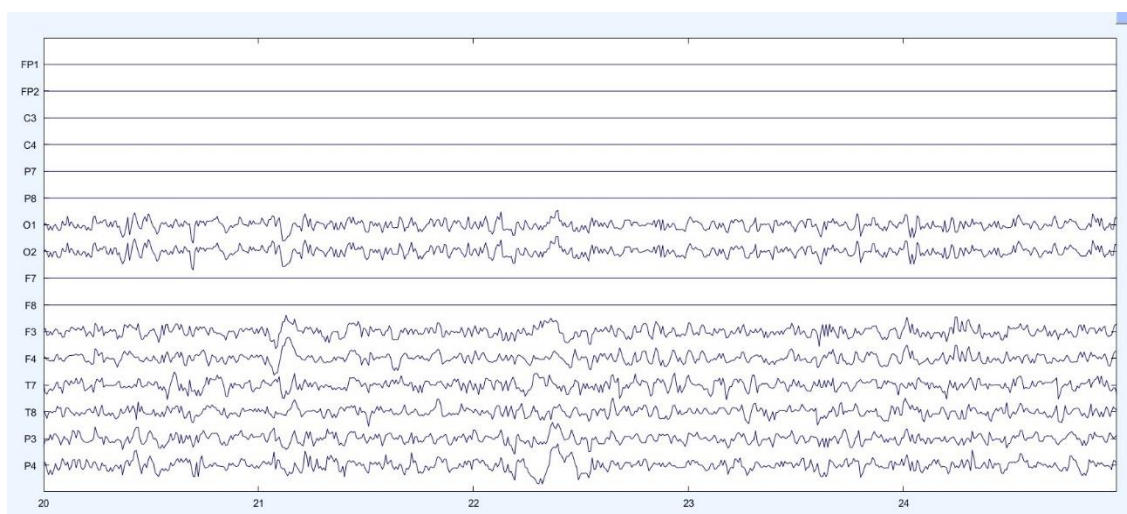
## CAPITULO IV

### ANALISIS DE RESULTADOS

Una vez conocido como se desarrolló el procesamiento y análisis de señales electrofisiológicas, a continuación, se muestra el procesamiento completo de los datos adquiridos, limpieza de ruido, componentes cerebrales y graficación de un participante durante el desarrollo de las tareas Stroop antes y después de remover componentes, con el fin de conocer el procesamiento inicial y final que llevaron la obtención de resultados que se mostraran a continuación:

#### Figura 5

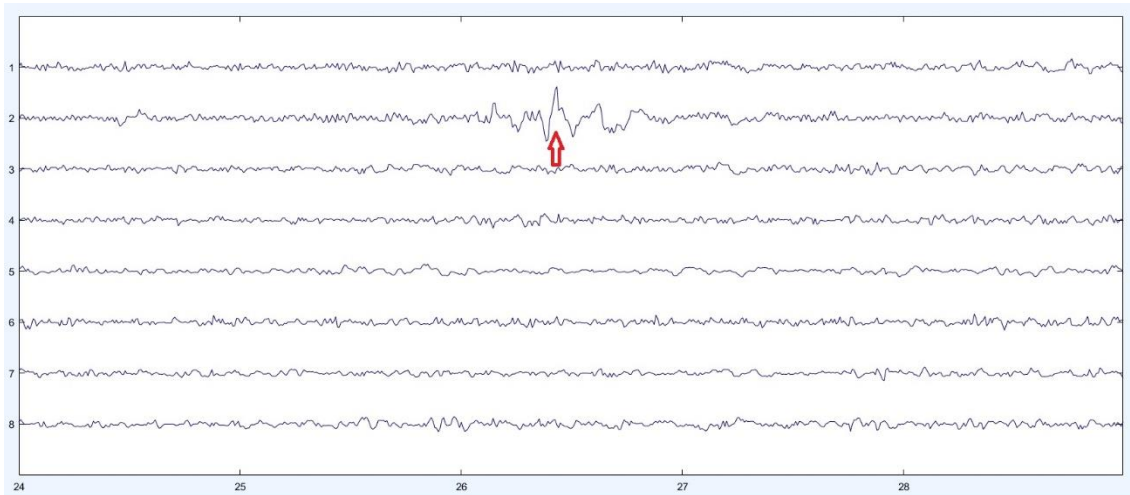
*Data Scroll señales EEG*



*Nota.* En la figura 1 se observan los canales de activación O1, O2, F3, F4, T7, T8, P3 y P4 utilizados en este estudio. Las señales relacionadas para este estudio son F3, F4, P3 y P4 en donde existe mayor activación de las ondas beta.

#### Figura 6

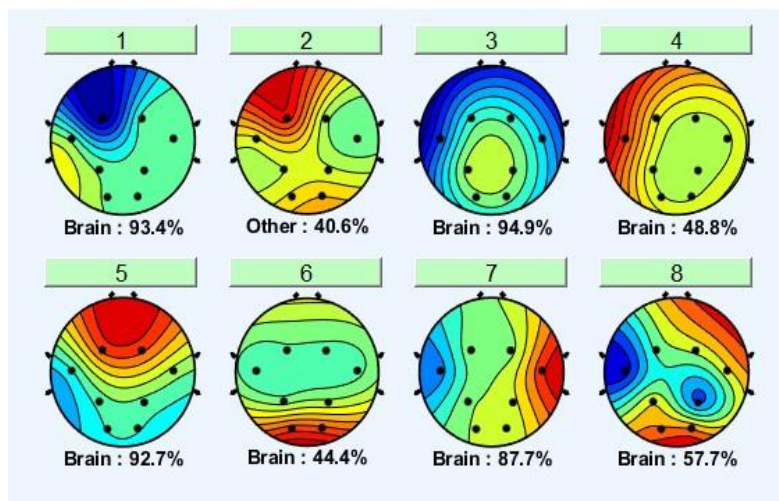
Componentes de activación con ruido



*Nota.* En la Figura 2 se observa los componentes de activación del participante uno. La flecha roja indica que el canal O2 perteneciente al electrodo occipital derecho evidencia artefacto de tipo muscular lo que ha ocasionado distorsión en la interpretación de los bioseñales, se muestran los picos de ruido, por ende, dicho canal será suprimido de los datos con la finalidad de evitar datos erróneos.

### Figura 7

*Mapas de calor por canal*

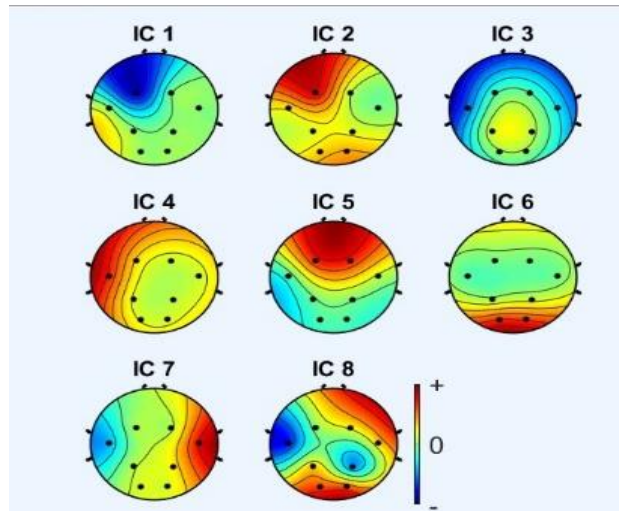


*Nota.* Ejemplo de componentes cerebrales igual o mayor a 90 %, muestra los mapas de calor del participante presentado en toda la adquisición de datos, la mayor parte de los

canales presentan más del 90 % de señal electroencefalográfica, lo que es muy favorable para el fin del estudio. Se puede observar que el canal 2 representa un 40,6 % de otras señales que no involucran señal encefalografía

### Figura 8

*Mapa de calor con ruido*

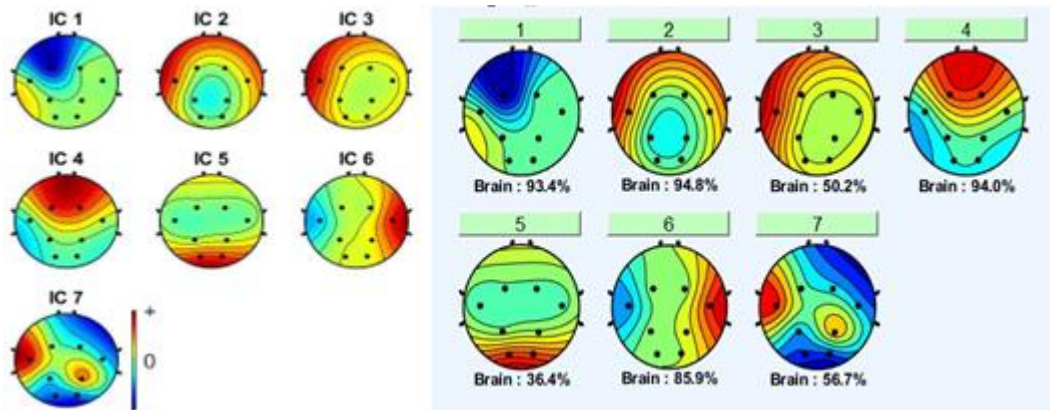


*Nota.* Se evidencia en los mapas de calor que las señales en su mayoría son componentes cerebrales, de esta manera los canales no mostraron señal indeseada por movimientos bruscos del participante y/o ruido ocasionado por los componentes eléctricos o electrónicos.

### Figura 9

*Ejemplo de componentes cerebrales*

0/

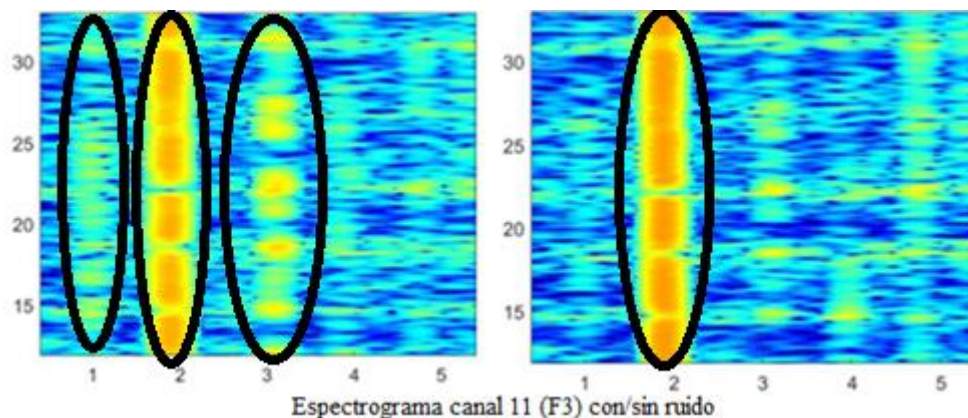


*Nota.* Se evidencian en su mayoría componentes cerebrales.

A continuación, se procede a mostrar los espectrogramas en dónde se evidencia que existió un aumento de todas las frecuencias a lo largo de 1,5 y 2 milisegundos, se evidencia además que se mostró actividad en todas las bandas de frecuencia Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma. Asimismo, en la figura 7 se logra visualizar que la imagen de la derecha muestra menos actividad indeseada a comparación que la izquierda.

### Figura 10

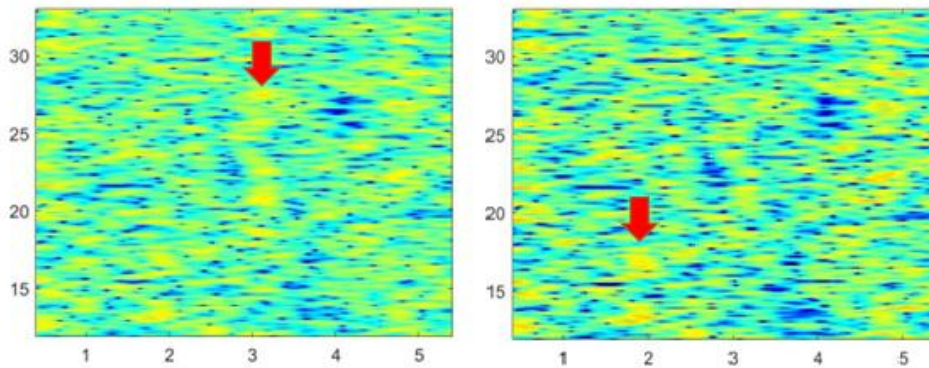
*Espectrograma del canal 11 (F3) con/sin ruido*



*Nota.* Se aprecia en la figura izquierda que el espectro de potencia del canal F3 tiene presencia de artefactos externos. En cuanto a la figura derecha se puede apreciar que mediante la eliminación de artefactos mejoró sustancialmente la bioseñal, evidenciando un aumento de potencia en el milisegundo 1.5 al 2.

### Figura 11

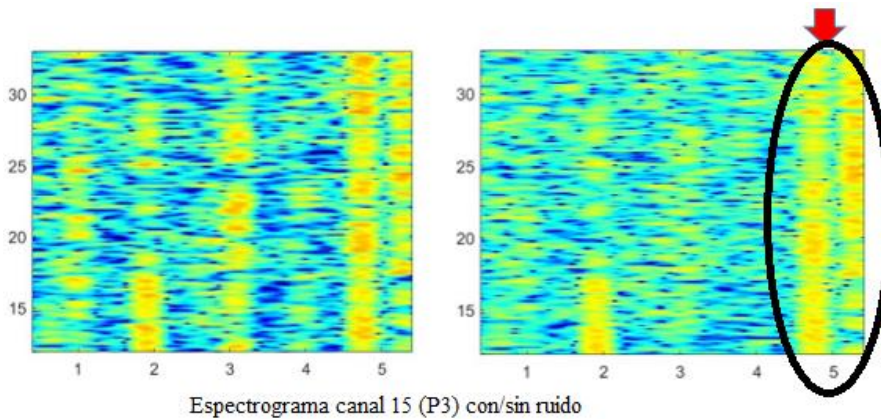
*Espectro de potencia del canal F3 y F4*



*Nota.* En la figura se muestra el espectro del canal F3 y F4, de esta forma el color amarillo de tono anaranjado y rojizo es un aumento de la frecuencia en los diferentes ritmos cerebrales. De esta forma se evidencia en la mayoría de tiempo presencia de ruido, sin embargo, se observa en la flechas rojas un aumento de potencia de forma esparcida y durante por corto periodo de tiempo en la mayoría de ritmos cerebrales.

### Figura 12

*Espectrograma canal parietal (P3) con/sin ruido*

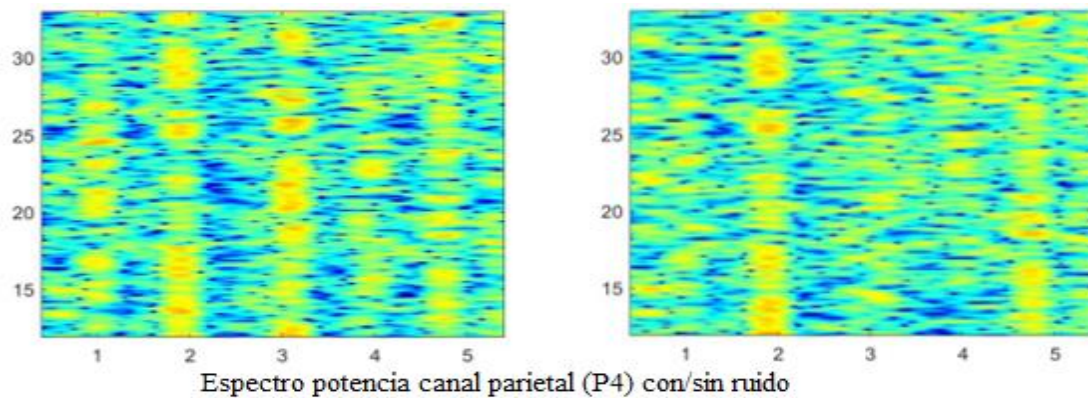


*Nota.* En la Figura 12 se muestra el espectro del canal P3 de la actividad cerebral del participante uno, se puede observar que presenta varias activaciones que pueden ser ocasionadas algunas por componentes externos y no propios de la señal cerebral. En la Figura de la parte derecha se observa una señal en donde se eliminaron artefactos,

constando un aumento de potencia de los rangos de frecuencias Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma a lo largo de los 4,5 milisegundos.

### Figura 13

*Espectro del canal 16 (P4) con/sin ruido*



*Nota.* En la Figura 13 de la parte izquierda se muestra el espectro del canal P4 de la actividad cerebral del participante uno sin eliminar el ruido externo, se evidencia en la imagen de la parte derecha que el espectro mejora considerablemente, de esta forma podemos evidenciar que la energía de la frecuencia Beta es notable a lo largo del 1,7 a 2 milisegundos y entre los 4,5 y 5 milisegundos.

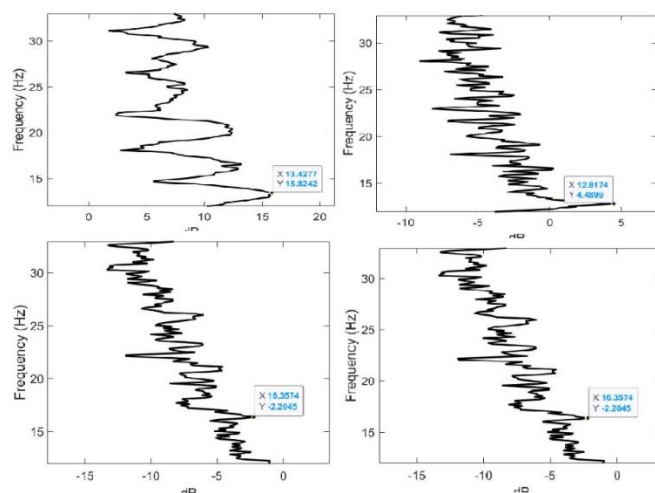
Una vez conocido todo el procesamiento llevado a cabo para el análisis de datos, a continuación, se presentan los principales resultados de la investigación realizada. Los resultados que fueron obtenidos en la investigación son evidenciados y presentados en base a los objetivos propuestos, así pues, la distribución de los participantes del estudio se basó en las variables sociodemográficas, de las cuales los 20 participantes del estudio, 12 pertenecieron al sexo femenino y 8 del sexo masculino con edades comprometidas que oscilan entre los 18 a los 30 años. Para dar cumplimiento a los objetivos tanto general y específicos de la presente investigación, se mostrarán los promedios de rangos de frecuencia, los tiempos correspondientes alcanzados por cada sujeto participante del estudio, así como la activación topográfica cerebral de cada participante en la resolución de tareas experimentales de atención selectiva.

**Objetivo específico: Examinar el comportamiento de las ondas cerebrales Beta en los estudiantes universitarios.**

Con relación a los rangos de frecuencia, se detallarán los promedios alcanzados de frecuencia de los 20 sujetos, para ello, se toman en consideración los canales frontales y parietales (F3, F4, P3, P4), debido a que son los canales donde se evidencia la literatura que existe una mayor presencia de activación, para el análisis de las frecuencias se utilizó una frecuencia de muestro de 0.5 y superior a 30 Hz, y para su interpretación se toma en cuenta la frecuencia dominante, es decir la frecuencia más alta. Por lo tanto, a continuación, se muestra las frecuencias observadas en los 20 participantes:

### Figura 14

*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 1.*

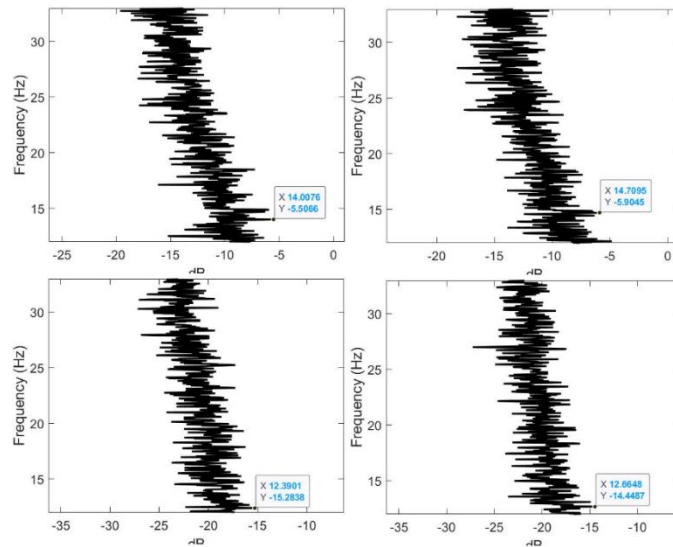


*Nota.* En cuanto al participante 1 como se muestra en la figura 14, los rangos de frecuencia que se alcanzaron en la investigación se encontraron que el canal 11 (F3) alcanzó una frecuencia de 14 Hz, el canal 12 (F4) alcanzó una frecuencia de 14,7, en cuanto al canal 13 (P3) la frecuencia fue de 12,39 Hz, por último, el canal 14 (P4) obtuvo una frecuencia de 12,66 Hz.

### Figura 15

*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 2.*

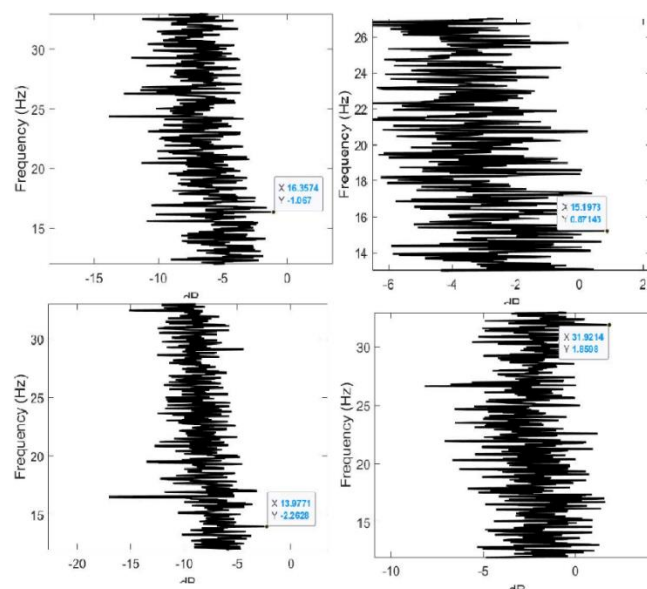




*Nota.* Con respecto al participante 2, como se muestra en la figura 15, los rangos de frecuencia en el canal 11 (F3) alcanzaron una frecuencia de 16,35 Hz, en el canal 12 (F4) la frecuencia fue de 15,19 Hz, el canal 13 (P3), la frecuencia Beta alcanzada fue de 12,39 Hz, por último, en el canal 14 (P4), la frecuencia alcanzada fue de 12,66 Hz.

**Figura 16**

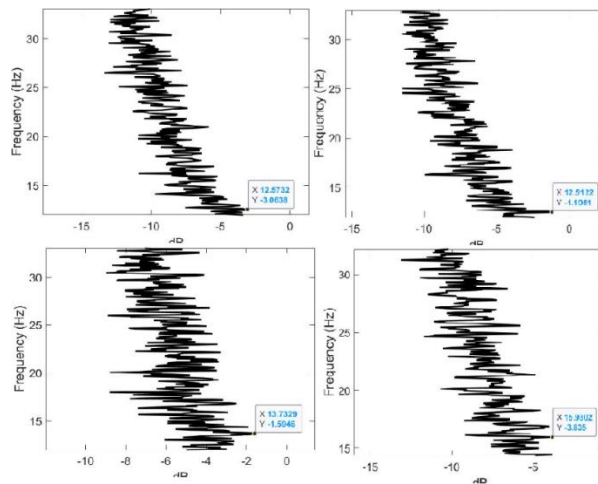
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 3.*



*Nota.* El participante 3, como se muestra en la figura 16, el canal 11 (F3) alcanzó los 12,57 Hz, el canal 12 (F4) mostró una actividad de 12,51 Hz, el canal 13 (P3) alcanzó actividad de 13,73 Hz, con respecto al canal 14 (P4) se logró evidenciar un rango de frecuencia de 15.95 Hz.

### Figura 17

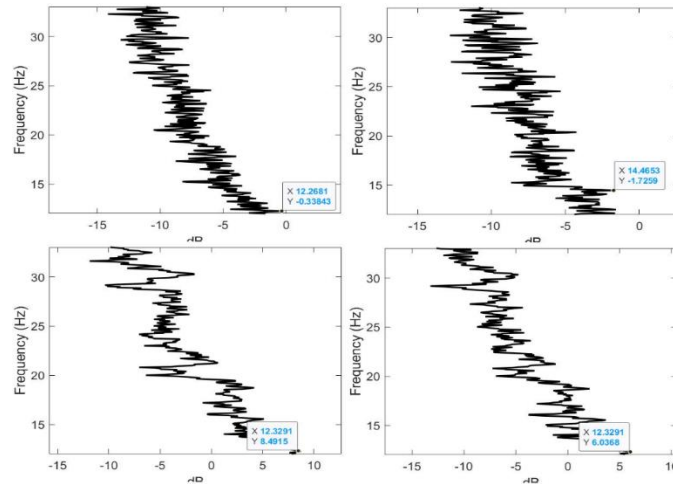
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 4.*



*Nota.* Con respecto al participante 4, como se muestra en la figura 17, se logró evidenciar con el análisis que el rango de frecuencia Beta alcanzó en el canal 11 (F3) los 12,26 Hz en el canal 12 (F4) se logró un rango de frecuencia de 14,46 Hz, asimismo, el canal 13 (P3) se encontró un rango de 12,32 Hz, de similar manera el canal 14 evidenció el mismo rango 12,32 Hz.

### Figura 18

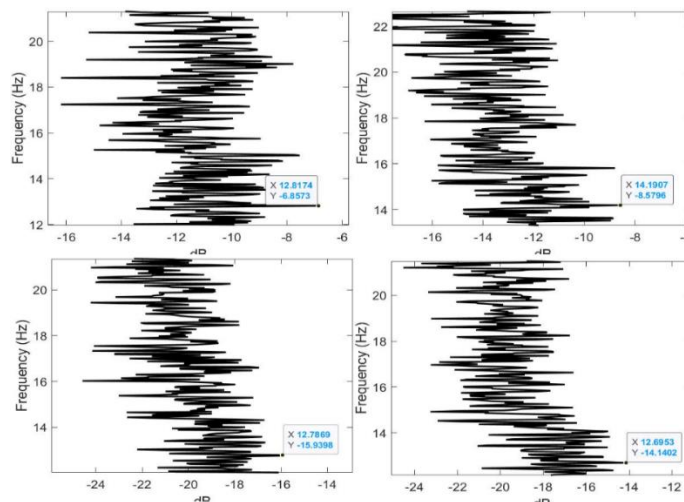
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante*



*Nota.* En cuanto al participante 5, como se muestra en la figura 18, el canal F3 se encontró mayor actividad en la frecuencia 12,81 Hz, el canal F4, se evidenció una frecuencia de 14,19 Hz, el canal P3, se muestra un rango de 12,78 Hz y en el canal P4 perteneciente al lóbulo parietal del hemisferio derecho se muestra un rango de 12,69 Hz

**Figura 19**

*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 6*

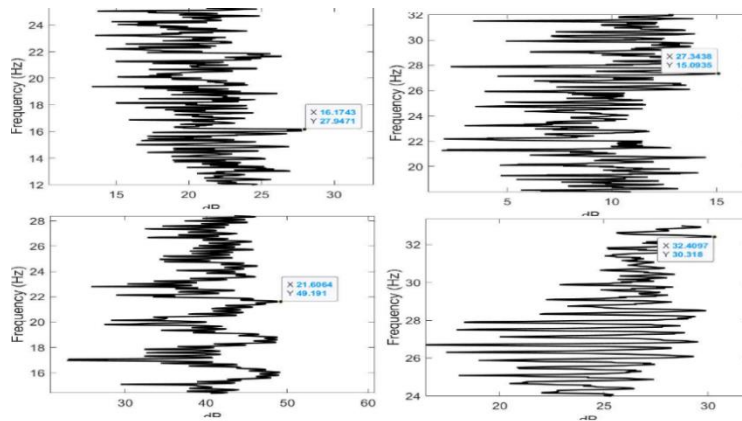


El participante 6, como se muestra en la figura 19, se encontró en el electrodo frontal F3 el rango de 16,17 Hz, en cuanto al canal F4 mostró un rango de 27,34 Hz, con relación al canal parietal P3, se evidencia 21,6 Hz en el rango de frecuencia, por último, en el

canal parietal P4 perteneciente al hemisferio derecho se encontró un rango de 32,4 Hz de frecuencia.

### Figura 20

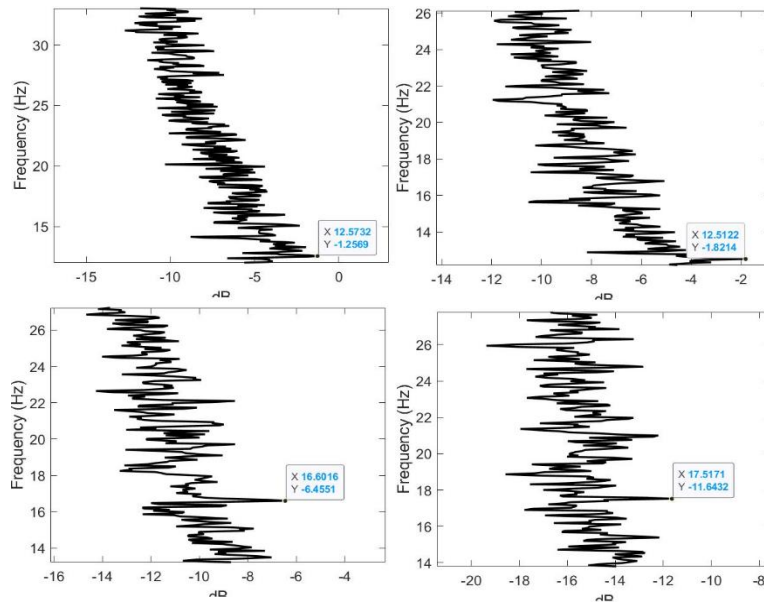
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 7.*



*Nota.* Con relación al sujeto 7, como se evidencia en la figura 20 en el canal F3 el rango de frecuencia Beta que se encontró más implícito fue de 12,57 Hz, mientras que el canal F4 se evidenció un rango de 12,51 Hz, en relación al canal P3, se logró identificar 16,6 Hz de frecuencia y, por último, con respecto al canal P4 se mostró una frecuencia de 17,31 Hz.

### Figura 21

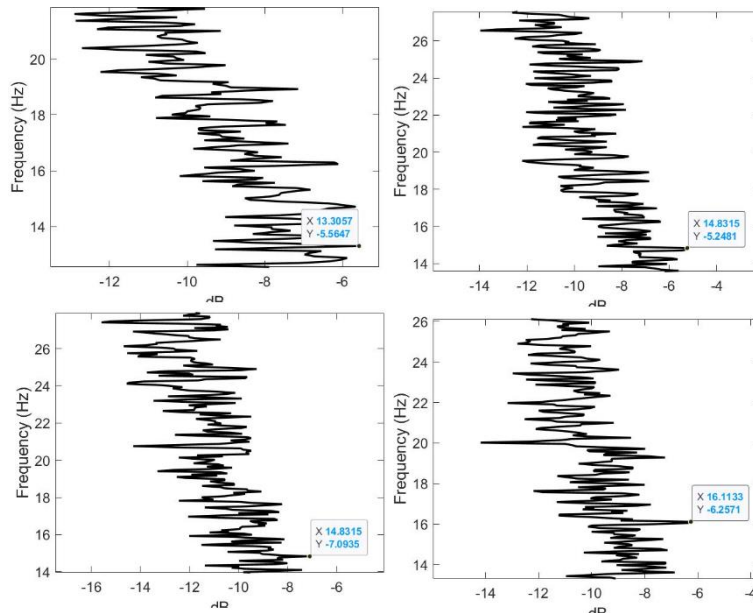
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 8*



*Nota.* El sujeto 8 como se muestra en la figura 21, con respecto al análisis de frecuencias en el canal frontal del hemisferio izquierdo (F3) mostró valores de 13,3 Hz, en cuanto al canal F4 se evidenció mayormente implícita la frecuencia 14,83 Hz, asimismo, el canal P3 mostró actividad oscilatoria de 14,83 Hz y por último, con relación al canal parietal correspondiente al hemisferio derecho P4 se encontró entre los 16,11 Hz.

**Figura 22**

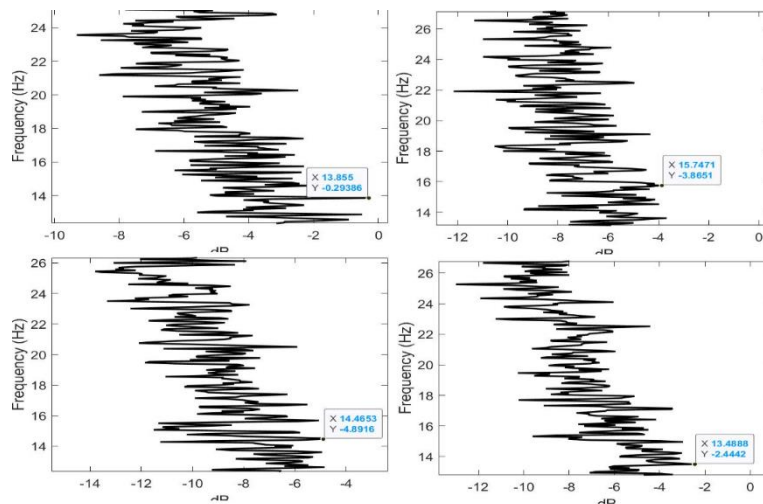
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 9.*



*Nota.* En cuanto al sujeto 9, como se muestra en la figura 22, en el canal frontal F3 mostró valores de 13,85 Hz de frecuencia, con respecto al canal frontal derecho F4, se evidenció la frecuencia de 18,74 Hz, así también, el canal P3 se encontró 14,46 Hz de frecuencia y, por último, con respecto al canal parietal derecho P4 se logró observar frecuencias de 13,48 Hz.

### Figura 23

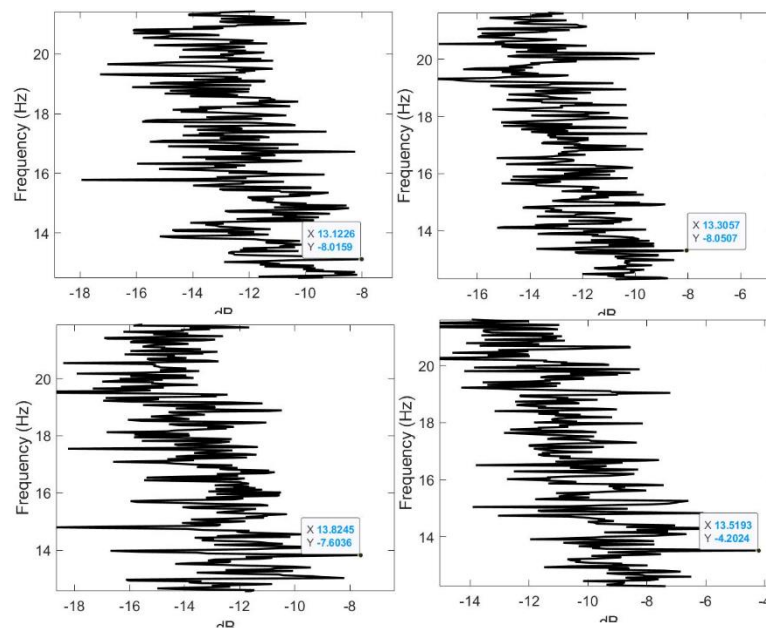
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 10.*



*Nota.* El sujeto 10, como se muestra en la figura 23, en el canal ubicado sobre el sector frontal perteneciente al hemisferio izquierdo (F3) se encontró una frecuencia de 13,12 Hz, con relación al canal frontal ubicado sobre el hemisferio derecho frontal (F4) se encontró un rango de potencia mayor sobre la frecuencia 13,3 Hz, de similar manera el canal parietal (P3), en la frecuencia de 13,82 Hz, mientras que el electrodo ubicado sobre el sector parietal perteneciente al hemisferio derecho (P4) alcanzó una frecuencia de 13,51 Hz respectivamente.

### Figura 24

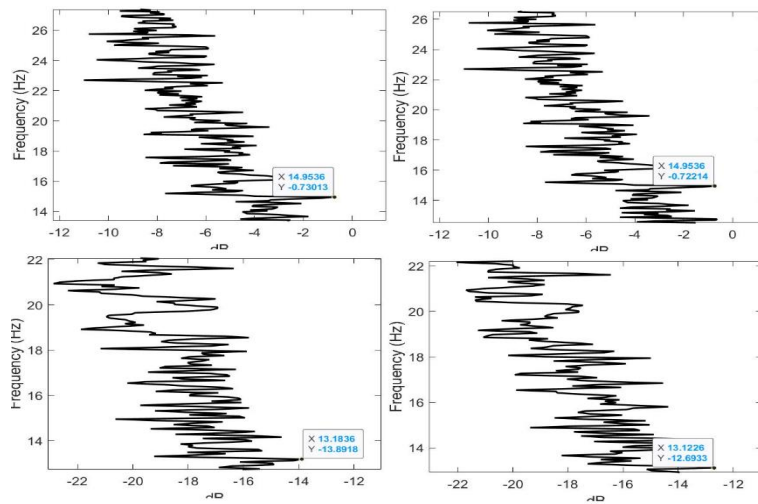
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 11.*



El participante 11, como se evidencia en la figura 24, las frecuencias alcanzadas en los canales fueron las siguientes: el canal 11 (F3) se observó una frecuencia 14,95 Hz, el canal 12 (F4) evidencia resultados similares en torno a la frecuencia que fue de 14,95 Hz, con respecto a los canales parietales, en el canal perteneciente al hemisferio izquierdo (P3) se evidenció una frecuencia de 12,57 Hz, mientras que en el canal (P4) se evidenció una frecuencia de 12,39 Hz.

### Figura 25

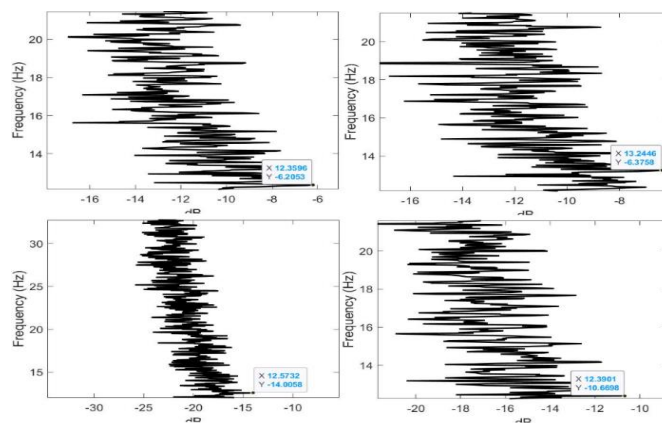
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 12.*



*Nota.* El participante 12, véase la figura 25, en cuanto a las frecuencias de los canales frontales, con respecto al canal ubicado en el hemisferio izquierdo (F3), se encontró una frecuencia 12,35 Hz, en cuanto al canal frontal derecho (F4) obtuvo una frecuencia de 13,24 Hz, con relación a los canales parietales, el electrodo parietal izquierdo (P3) expuso una frecuencia de los 12,57 Hz, y por último en el canal parietal derecho (P4), se evidenció una frecuencia de 12,39 Hz.

**Figura 26**

*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 13.*



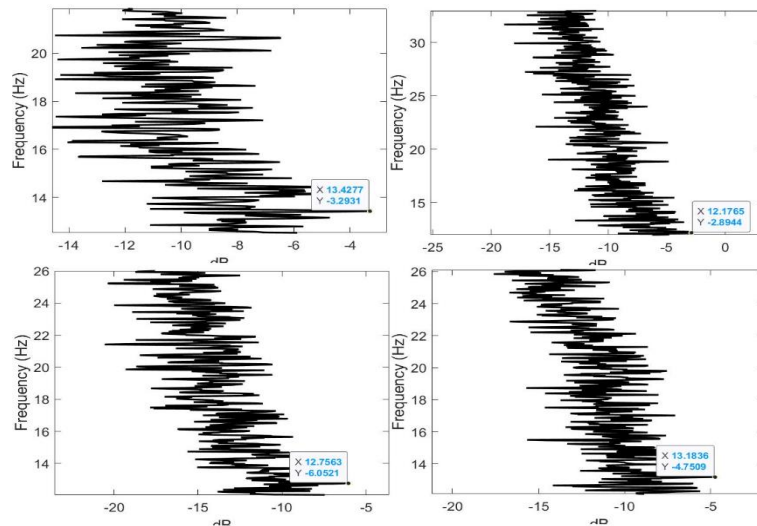
*Nota.* Con relación al sujeto 13, como se evidencia en la figura 25, los rangos de frecuencia alcanzados sobre los sectores frontales y parietales fueron los siguientes: frontal izquierdo (F3) con una frecuencia de 13,42 Hz, frontal derecho (F4) con la



frecuencia de 12,17 Hz, en cuanto, al canal parietal izquierdo (P3) se logró evidenciar la frecuencia de 12,75 Hz, por último, el canal parietal derecho (P4) mostró una frecuencia Beta máxima de 13,18 Hz.

### Figura 27

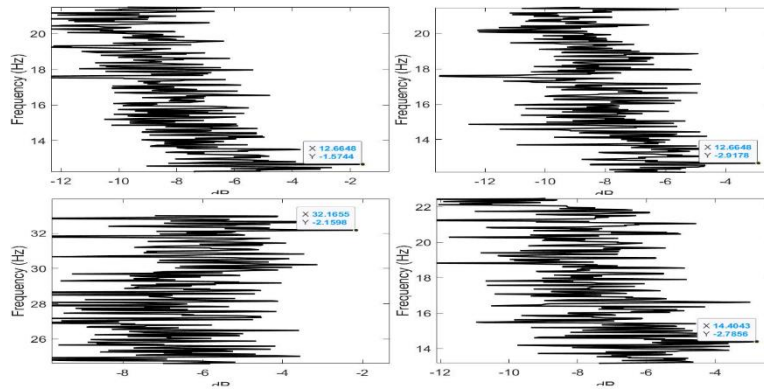
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 14*



*Nota.* Con respecto al sujeto 14, véase en la figura 27, en cuanto a las frecuencias alcanzadas en el canal frontal izquierdo y derecho se evidenció una frecuencia máxima de 12,66 Hz, con respecto a los canales parietales, el canal parietal izquierdo (P3) la frecuencia fue de 12,36 Hz, mientras el canal parietal derecho (P4) alcanzó una frecuencia de 14,4 Hz

### Figura 28

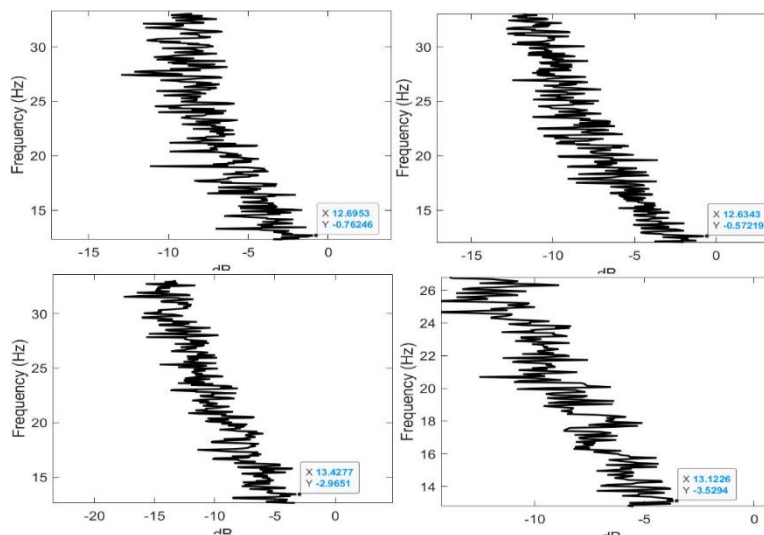
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 15.*



*Nota.* El participante 15, como se muestra en la figura 28, en el canal frontal izquierdo (F3), obtuvo una frecuencia de 12,69 Hz, n cuanto al canal frontal derecho (F4) se encontró que la frecuencia fue de 12,63 Hz, los canales parietales (P3, P4) se evidenciaron las frecuencias de 13,42 Hz y 13,12 Hz respectivamente.

### Figura 29

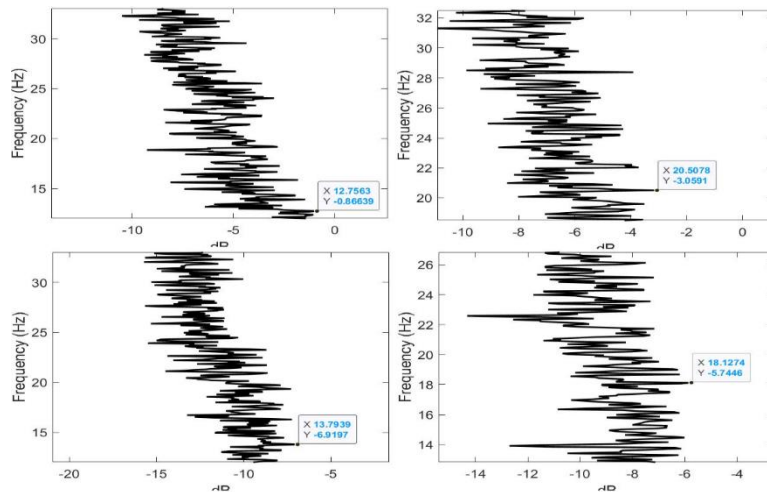
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 16.*



*Nota.* Con respecto al participante 16, como se evidencia en la figura 29, el canal frontal izquierdo (F3) alcanzó una frecuencia Beta de 12,75 Hz, en el canal frontal derecho (F4) obtuvo una frecuencia de 20,5 Hz, así también, el canal parietal izquierdo (P3) se encontró que la frecuencia 13,79 Hz, por último, el canal parietal derecho (P4), la frecuencia 18,12 Hz.

**Figura 30**

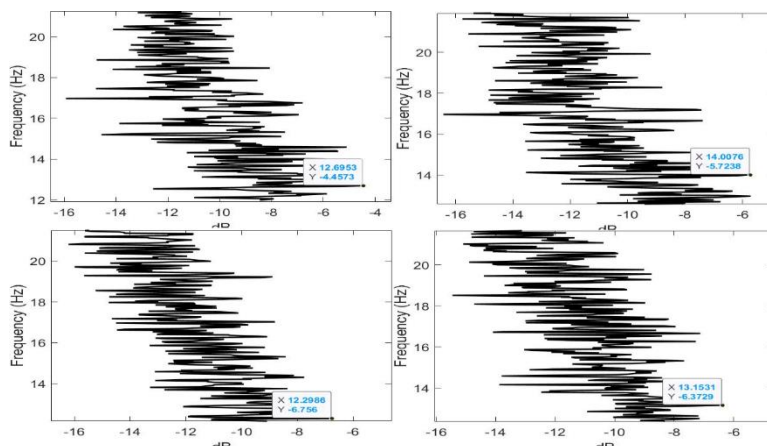
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 17.*



*Nota.* El sujeto 17, como se muestra en la figura 30, en el canal frontal izquierdo (F3), se encontró una frecuencia de 12,69, en el canal frontal derecho (F4) mostró la frecuencia máxima de 12,39 Hz, en el canal parietal ubicado en el hemisferio izquierdo (P3) alcanzó una frecuencia de 12,29 Hz y por último en el canal parietal derecho (P4) alcanzó una frecuencia de 13,15 Hz.

**Figura 31**

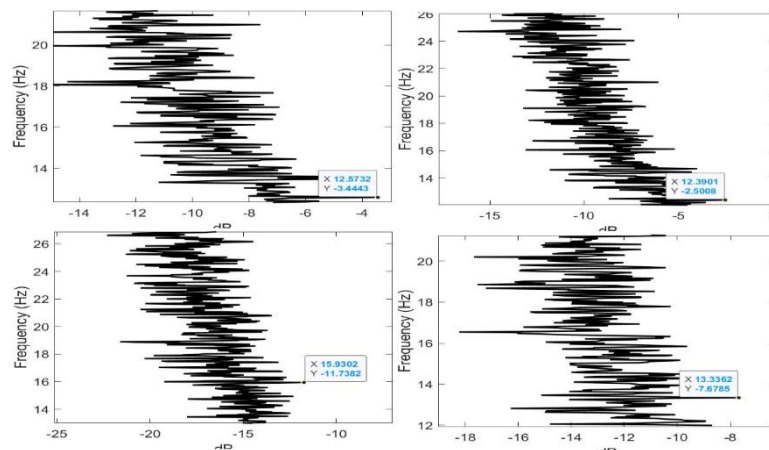
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 18.*



*Nota.* El participante 18, véase la figura 31, por otra parte, se evidencio que el canal frontal izquierdo (F3), mostró una frecuencia de 12,57 Hz, el canal frontal derecho (F4) alcanzó una frecuencia Beta de 12,39 Hz, en cuanto a los canales parietales, el canal perteneciente al hemisferio izquierdo (P3) mostró que en la frecuencia fue 15,93 Hz, así también, el canal parietal derecho P4, tuvo una frecuencia de 13,33 Hz.

### Figura 32

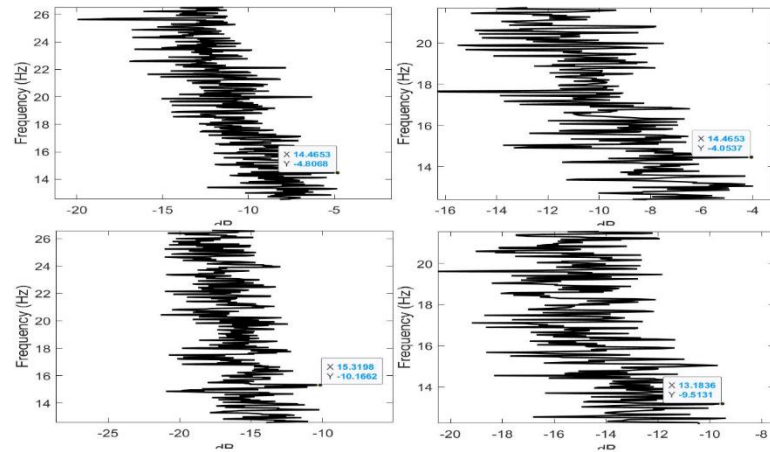
*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 19.*



*Nota.* El sujeto 19, como se muestra en la figura 32, el canal frontal izquierdo y derecho (F3 y F4), mostró una frecuencia similar de 14,46 Hz. Con relación a los canales parietales, el canal perteneciente al hemisferio izquierdo, la frecuencia Beta alcanzada fue de 15,31 Hz, por último, en el canal parietal derecho (P4) alcanzó una frecuencia de 13,18 Hz.

### Figura 33

*Rangos de frecuencias Beta 13-25 Hz de los canales F3, F4, P3, P4 del participante 20.*



*Nota.* El sujeto 20, como se muestra en la figura 33, el canal frontal izquierdo y derecho (F3 y F4), mostró una frecuencia similar de 14,46 Hz. Con relación a los canales parietales, el canal perteneciente al hemisferio izquierdo la frecuencia Beta alcanzada fue de 15,21 Hz, por último, en el canal parietal derecho (P4) alcanzó una frecuencia de 13,10 Hz.

En base al análisis realizado de las frecuencias, se logró evidenciar que los rangos Beta de frecuencia de los 20 participantes oscilan entre los 13-25 Hz, cabe mencionar que al no ser estacionarias las ondas cerebrales cada participante tuvo diferentes frecuencias. Por lo tanto, a continuación, en la tabla 1, se muestra el promedio general de frecuencias alcanzados de los 20 sujetos, para ello, se toman en consideración los canales frontales y parietales (F3, F4, P3, P4)

**Tabla 1**

*Promedio de frecuencia y amplitud de los 20 participantes*

| <b>Participantes</b> | <b>Frecuencia Promedio</b> |
|----------------------|----------------------------|
| P1                   | 14,73                      |
| P2                   | 13,44                      |
| P3                   | 14,15                      |
| P4                   | 13,69                      |
| P5                   | 12,84                      |
| P6                   | 13,12                      |
| P7                   | 24,38                      |
| P8                   | 14,80                      |
| P9                   | 14,77                      |
| P10                  | 14,38                      |
| P11                  | 13,44                      |
| P12                  | 14,05                      |
| P13                  | 12,64                      |
| P14                  | 12,88                      |
| P15                  | 17,97                      |
| P16                  | 12,97                      |
| P17                  | 16,29                      |
| P18                  | 13,03                      |
| P19                  | 13,56                      |
| P20                  | 14,35                      |

*Nota.* Los promedios para la frecuencia Beta (13-25 Hz) fueron obtenidos en base a cada estímulo de los 4 bloques del paradigma de atención selectiva.

En este sentido, al obtener los promedios como se muestra en la tabla 1 de cada participante por cada estímulo presentado en cada bloque, se obtuvieron valores en los cuales los rangos de frecuencia Beta estuvieron presentes en un rango de entre los 12,64 Hz hasta los 24,38 Hz; Asimismo, las frecuencias de entre los 13-14 Hz se encontró mayormente implícita en los registros de los participantes, aunque en la potencia de la onda si mostró diferencias significativas.

**Calcular la correlación entre el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas Beta con la ejecución de tareas Stroop de atención selectiva mediante electroencefalografía cuantitativa.**

En primer lugar, para el análisis del tiempo de respuestas se analizó en el programa Excel y Rstudio, donde se creó una base de datos con los tiempos obtenidos por cada participante, los resultados obtenidos fueron promediados en base a los 25 estímulos de los 3 bloques del paradigma en cada participante. Para interpretación de los resultados del tiempo de reacción se tomó en cuenta el promedio de tiempo de respuestas obtenido en segundos, de esta manera permitió conocer cuáles fueron las tareas que presentaron un mayor tiempo de reacción determinadas en segundo en la resolución de las tareas que conforma el paradigma, por lo tanto, mientras un mayor promedio de tiempo de reacción en segundos, mayor es la dificultad en la resolución de esa tarea. Estos tiempos de respuesta se presentarán a continuación para así dar cumplimiento al objetivo específico propuesto (tabla 2).

**Tabla 2**

*Promedios de tiempo alcanzados por cada participante*

| <b>Participantes</b> | <b>Tiempo Bloque 1</b> | <b>Tiempo Bloque 2</b> | <b>Tiempo Bloque 3</b> | <b>Promedio Tiempo</b>    |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
|                      | <b>Segundos</b>        | <b>Segundos</b>        | <b>Segundos</b>        | <b>Respuesta Segundos</b> |
| P1                   | 45,21                  | 31,12                  | 29,75                  | 106,09                    |
| P2                   | 61,05                  | 39,39                  | 49,75                  | 150,20                    |
| P3                   | 40,76                  | 42,27                  | 41,43                  | 124,47                    |
| P4                   | 49,33                  | 36,63                  | 36,90                  | 122,87                    |
| P5                   | 61,56                  | 38,26                  | 36,31                  | 136,14                    |

|     |       |       |       |        |
|-----|-------|-------|-------|--------|
| P6  | 55,87 | 47,01 | 52,48 | 155,38 |
| P7  | 38,17 | 48,34 | 56,07 | 142,59 |
| P8  | 38,82 | 23,38 | 27,92 | 90,14  |
| P9  | 52,80 | 43,92 | 38,28 | 135,02 |
| P10 | 52,52 | 37,30 | 54,60 | 144,43 |
| P11 | 39,75 | 27,11 | 26,96 | 93,83  |
| P12 | 60,11 | 50,05 | 39,58 | 149,75 |
| P13 | 53,48 | 31,90 | 45,03 | 130,42 |
| P14 | 62,46 | 46,67 | 40,26 | 149,40 |
| P15 | 42,07 | 36,50 | 35,50 | 114,08 |
| P16 | 44,82 | 33,77 | 34,99 | 113,59 |
| P17 | 43,19 | 34,50 | 37,98 | 115,68 |
| P18 | 46,95 | 61,83 | 48,10 | 156,90 |
| P19 | 64,69 | 49,98 | 41,49 | 156,08 |
| P20 | 43,68 | 44,03 | 52,13 | 139,86 |

*Nota.* Promedios alcanzados en segundos por cada sujeto en torno a los 3 bloques del paradigma de atención selectiva.

Como se evidencia en la tabla 2, el participante 1, alcanzó un promedio total de tiempo de respuesta de 106,09 segundos, alcanzando así un tiempo de 45,21 segundos en el primer bloque, 31,12 en el segundo bloque y 29,75 segundos en el tercer bloque, siendo así el primer bloque el que demandó más tiempo en su resolución, mientras que el tercer bloque fue resuelto en un menor tiempo.

Con respecto sujeto 2, alcanzó un tiempo promedio total de 150,20 segundos en los 3 bloques, logrando así un tiempo de 61,05 segundos en la actividad del bloque 1; 39,39 segundos en el bloque 2; mientras que en el bloque 3 alcanzó un tiempo de respuesta de 49,75 segundos respectivamente. De similar forma el primer bloque evidenció mayor tiempo en la resolución, mientras que el segundo bloque mostró menor tiempo en la solución del paradigma.

El sujeto 3, alcanzó un tiempo de 40,76 segundos en el primer bloque, en el segundo bloque el tiempo alcanzado fue de 42,27 segundos y en el tercer bloque logró



la resolución en un tiempo de 41,43 segundos. El promedio total de resolución fue de 124,46 segundos. En este sentido el segundo bloque mostró mayor tiempo en resolver el paradigma y el primero fue el más rápido en resolverse.

En cuanto al sujeto 4, en el primer bloque de estímulos los llevo a cabo en un tiempo de 49,33 segundos; en el bloque número 2 alcanzó un tiempo de 36,63, y en el bloque número 3 resolvió en un tiempo de 36,90, obteniendo así un promedio de 122,87 segundos. El bloque uno demandó mayor tiempo en su ejecución y el bloque dos menores tiempos.

El participante 5, obtuvo un promedio total de 136,13 segundos, logrando así un tiempo de resolución del primer bloque de 61,56 segundos. 38,26 segundos en el segundo bloque de estímulos y 36,31 segundos en el tercer bloque. El tiempo con mayor demanda fue del primer bloque como se evidencia respectivamente, así también, el tercer bloque fue el que menor tiempo tomó al participante.

El sujeto 6 alcanzó un tiempo total de 155,37 segundos en los 3 bloques de estímulos, mostrando un mayor tiempo en la resolución del primer bloque de 55,87 segundos; para el segundo bloque alcanzó un tiempo de 47,01 segundos, siendo el menor para la resolución mientras que 52,48 segundos fueron necesarios para resolver el tercer bloque de estímulos de atención selectiva.

Por otra parte, el sujeto 7 en la resolución de todo el paradigma lo realizó en un tiempo promedio de 142,588 segundos, logrando así un tiempo de 38,178 segundos en el primero bloque; 48,34 segundos en el segundo bloque y 56,07 segundos en el tercer bloque. Así pues, se logra evidenciar que el primer bloque se realizó en el menor tiempo mientras que tercer bloque fue el de mayor tiempo tomado por el participante.

El sujeto 8, obtuvo un promedio total de 90,13 segundos en la resolución del paradigma en su totalidad, siendo así el menor tiempo obtenido de todos los participantes. Asimismo, se evidenció que la solución del primer bloque se realizó en un tiempo promedio de 38,82 segundos siendo este el tiempo que más tomo al participante. El segundo bloque se realizó en un tiempo de 23,38 segundos y 27,92 segundos para el tercer bloque. De esta forma se evidencia que el segundo bloque para el participante fue de menor demanda cognitiva.

Con relación al sujeto 9, en el primer bloque de estímulos alcanzó un tiempo de resolución de 52,80 segundos, siendo este el que mayor tiempo costo al mismo para su resolución; en cuanto al segundo bloque alcanzó un tiempo de 43,92 segundos, mientras que para el tercer bloque el tiempo de resolución fue de 38,28 segundos. El tercer bloque fue el menor tiempo tomado para el individuo.

En cambio, el sujeto 10, obtuvo un promedio total de resolución de los 3 bloques de 144,43 segundos. El primer bloque lo realizó en un tiempo de 52,52 segundos; el segundo bloque resolución en un tiempo de 37,30 segundos; el tercer bloque fue resuelto en 54,60 segundos siendo este el mayor tiempo alcanzado por el sujeto, mientras que el bloque dos tomó menor tiempo al mismo para su ejecución.

El sujeto 11, resolvió el primer bloque del paradigma en un tiempo de 39,75 segundos; 27,11 segundos en el segundo bloque y en el tercer bloque el tiempo de resolución fue de 26,96 segundos, siendo este el menor alcanzado por el mismo, mientras que el de mayor demanda fue el primer bloque. Cabe destacar que el promedio total fue de 93,83 segundos respectivamente.

El participante 12 de la investigación llevo a cabo la resolución de todo el paradigma en un tiempo promedio de 149,75 segundos. Por ello, el primer bloque fue resuelto en 60,11 segundos, lo cual, se evidenció mayor carga para la resolución del mismo. En cuanto al segundo bloque fue realizado en un tiempo de 50,05 segundos, por último, el tercer bloque obtuvo un menor tiempo de solución de 39,58 segundos.

Por otro lado, el sujeto 13, en el primer bloque el tiempo alcanzado fue de 53,48 segundos, el segundo bloque le tomo un tiempo menor de resolución de 31,90 segundos, en cuanto al tercer bloque fue resuelto en un tiempo de 45,03 segundos. El tiempo promedio alcanzado por el participante fue de 130,42 segundos. El bloque uno en este sentido fue el de mayor trabajo cognoscitivo, y el segundo bloque fue el de menor carga para el mismo.

El sujeto 14, por otra parte, resolvió todo el paradigma en un tiempo promedio de 149,40 segundos. El primer bloque le tomo 62,46 segundos, siendo este el tiempo mayor tomado para su resolución. En cuanto al segundo bloque fue resuelto en 46,67 segundos y 40,26 segundos en el tercer bloque, este último fue el tiempo menor alcanzado por el sujeto.

En cuanto al participante 15, la resolución del primer bloque de estímulos fue de 42,07 segundos, el segundo bloque en 36,50 segundos y con un menor tiempo logrado en el tercer bloque de 35,50 segundos. En cuanto al promedio total alcanzado por el mismo fue de 114,07 segundos, siendo el primer bloque el de mayor demanda y el tercer bloque de menor demanda de tiempo para su resolución.

En cambio, el participante 16, el promedio total de los 3 bloques fue de 113,59 segundos. Para el primer bloque el tiempo requerido para la resolución fue de 44,82; el segundo bloque se resolvió en un tiempo menor de 33,77 segundos; mientras que para el tercer bloque el tiempo promedio fue de 34,99, siendo así el primer bloque el que demandó más tiempo para la resolución.

El participante 17, alcanzó un promedio total de 115,68 segundos. El primer bloque fue el mayor tiempo requerido y fue resuelto en 43,19 segundos; el segundo bloque fue el de menor demanda alcanzando un tiempo de 34,50 segundos. Por último, el tercer bloque fue resuelto en un tiempo de 37,98 segundos.

El sujeto 18, alcanzó un promedio total de 156,89 segundos siendo este el mayor tiempo alcanzado a comparación de todos los participantes de la investigación, así pues, en el primer bloque de estímulos se resolvió en un aproximado de 46,95 segundos, siendo para el mismo el menor alcanzado, mientras que el segundo bloque se resolvió en un tiempo de 61,83 segundos siendo el mismo el mayor tiempo tomado en la resolución, por último, el tercer bloque fue resuelto en 48,108 segundos.

En cuanto al sujeto 19, también fue uno de los participantes que mayor tiempo le tomó para la resolución del paradigma de atención selectiva, en este sentido, el tiempo del primer bloque se resolvió en 64,59 siendo el de mayor demanda cognitiva para el individuo; en cuanto al segundo bloque el tiempo de solución fue de 49,98 segundos. El menor tiempo obtenido fue del tercer bloque, lo cual, fue necesario 41,49 segundos. El tiempo promedio total de los tres bloques fue de 156,08 segundos.

El participante número 20, obtuvo un promedio total de 138,85 segundos para los tres bloques de estímulos, de esta forma, para el primer bloque fueron necesarios para el sujeto 43,68 segundos siendo así el menor obtenido por el mismo. El segundo bloque fue resuelto en 44,03 segundos, mientras que para el tercer bloque 52,13 segundos, siendo este último el tiempo mayor tomado para el sujeto.

El promedio total de todos los participantes en base al tiempo fue de 131,34 segundos por los 3 bloques de actividad, en cuanto al análisis individual de los tiempos tomados por cada participante de la investigación, se logró identificar que el primer bloque de los 25 primeros estímulos del paradigma fue aquellos que más demandaron atención selectiva y sobre todo mayor trabajo cognitivo. Al ser tareas novedosas el cerebro humano es evidente que utiliza experiencias previas para llegar a una solución, en este sentido los bloques dos y tres, en la mayor parte de los participantes fue menor, lo cual, se puede inferir que existió automatización de las funciones cognoscitivas atencionales.

Una vez, que se obtuvo los promedios de las frecuencias Beta y el tiempo de reacción, se procedió a comprobar que los valores del promedio de frecuencia Beta y tiempo de respuesta de los 20 participantes se distribuían de forma normal (Véase tabla 3), por ellos, se realizó la prueba estadística de normalidad (véase la figura 34). Donde por medio del histograma se identificó que la distribución de las variables no se asemejó a una campana de Gauss, los datos evidenciaron encontrarse mucho más dispersos en el caso de la frecuencia Beta, mientras que en el histograma del tiempo de frecuencia los datos mostraron mayor distribución hacia la derecha. Para evidenciar que los datos no son normales, se aplicó en primer lugar la prueba de hipótesis de Kolmogorov Smirnov, segundo se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman debido a que los datos no fueron normales, en la que se utilizó un nivel de significancia de 0.05, con un 95 % de confiabilidad, llegando a obtener un p-valor= 0.00001288 que es menor al nivel de significancia del valor alfa (0,05); por ende, se rechaza la hipótesis  $H_0$  que dice: no existe correlación entre los tiempos de respuesta de las tareas Stroop y las frecuencias de las banda Beta.

### **Tabla 3**

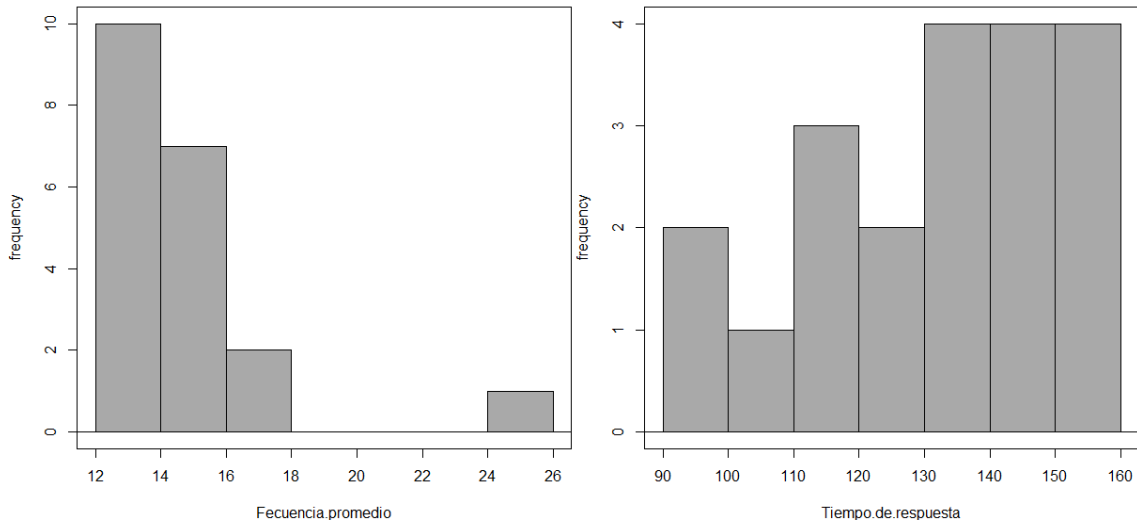
*Participantes, frecuencia promedio, tiempos de respuesta*

*Nota.* Los promedios de frecuencia y amplitud son evidenciados en torno a los 4 canales utilizados (F3, F4, P3, P4). Asimismo, los tiempos de respuesta son promediados en base a los 4 bloques de actividad.

### **Figura 34**

*Histograma de la frecuencia promedio y el tiempo de respuesta*

| <b>Participantes</b> | <b>Frecuencia Promedio</b> | <b>Tiempo de respuesta Segundos</b> |
|----------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| P1                   | 14,73                      | 106,09                              |
| P2                   | 13,44                      | 150,20                              |
| P3                   | 14,15                      | 124,47                              |
| P4                   | 13,69                      | 122,87                              |
| P5                   | 12,84                      | 136,14                              |
| P6                   | 13,12                      | 155,38                              |
| P7                   | 24,38                      | 142,59                              |
| P8                   | 14,80                      | 90,14                               |
| P9                   | 14,77                      | 135,02                              |
| P10                  | 14,38                      | 144,43                              |
| P11                  | 13,44                      | 93,83                               |
| P12                  | 14,05                      | 149,75                              |
| P13                  | 12,64                      | 130,42                              |
| P14                  | 12,88                      | 149,40                              |
| P15                  | 17,97                      | 114,08                              |
| P16                  | 12,97                      | 113,59                              |
| P17                  | 16,29                      | 115,68                              |
| P18                  | 13,03                      | 156,90                              |
| P19                  | 13,56                      | 156,08                              |
| P20                  | 14,35                      | 139,86                              |

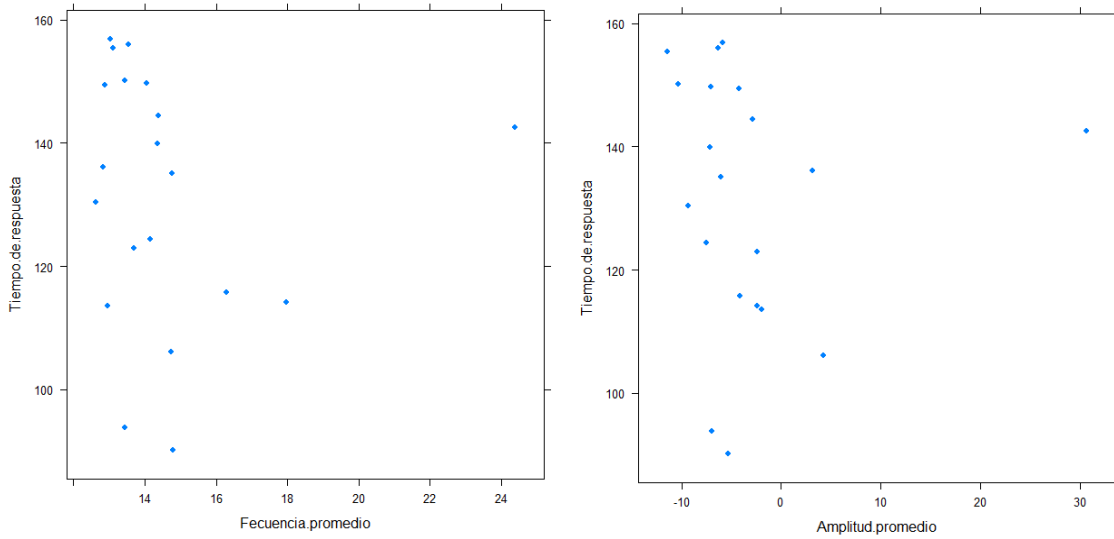


*Nota.* Se evidencia en la frecuencia promedio una distribución hacia la izquierda, mientras que la distribución del tiempo de respuesta está hacia la derecha. Los 2 histogramas no muestran forma de campana de Gauss.

En un análisis pormenorizado de los resultados destaca mediante el test de correlación de Spearman  $\rho$  ( $\text{rho}$ ) = -0,31 entre los tiempos de respuesta y las frecuencias Beta de todos los participantes. Estos resultados encontrados destacan que existe una correlación negativa estadísticamente significativa. Asimismo, en las gráficas X,Y de relaciones (véase la figura 35) se encontró que existe una relación con patrón decreciente de las ondas cerebrales Beta y los tiempos de respuesta.

**Figura 35**

*Gráfica de dispersión X, Y entre el tiempo de respuesta, frecuencia promedio y amplitud promedio*

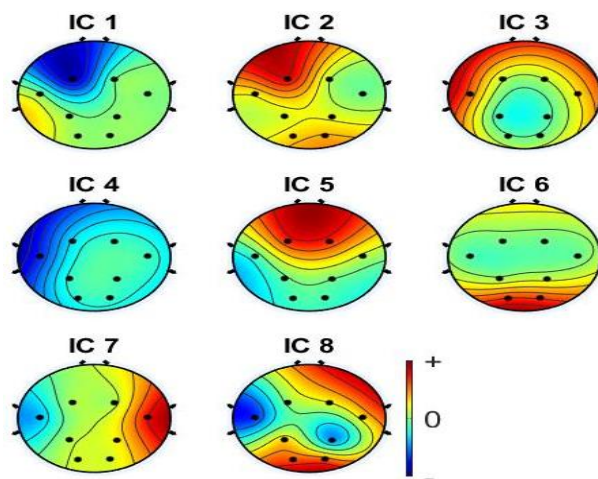


*Nota.* Relación con patrón decreciente tanto entre el tiempo de respuesta y la frecuencia promedio, así como el tiempo de respuesta y amplitud promedio.

### Activación topográfica cerebral en tareas de atención selectiva

**Figura 36**

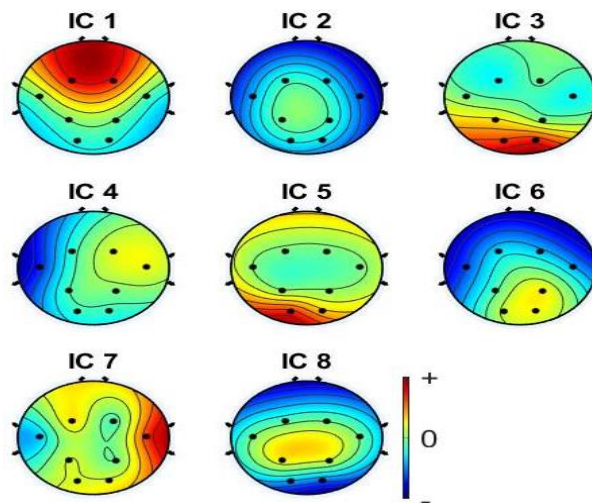
*Participante 1. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, no observó ningún artefacto que pudiesen interferir en el análisis, por lo consiguiente, en la activación topográfica cerebral se evidencia a nivel general una mayor activación (color rojo) en zonas frontales tanto del hemisferio izquierdo como del derecho y occipitales del hemisferio derecho e izquierdo.

**Figura 37**

*Participante 2. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*

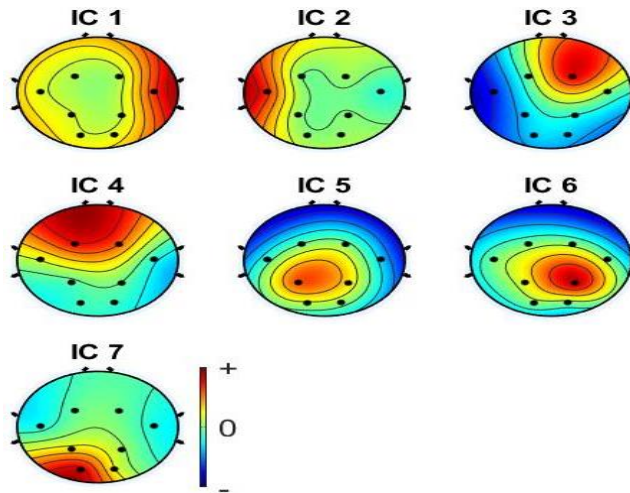


*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, no observó ningún artefacto que pudiesen interferir en el análisis, por lo consiguiente, en la activación topográfica cerebral se evidencia a nivel general una mayor activación (color rojo) en zonas frontales tanto del hemisferio izquierdo como del derecho y occipitales del hemisferio derecho e izquierdo.

**Figura 38**

*Participante 3. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*

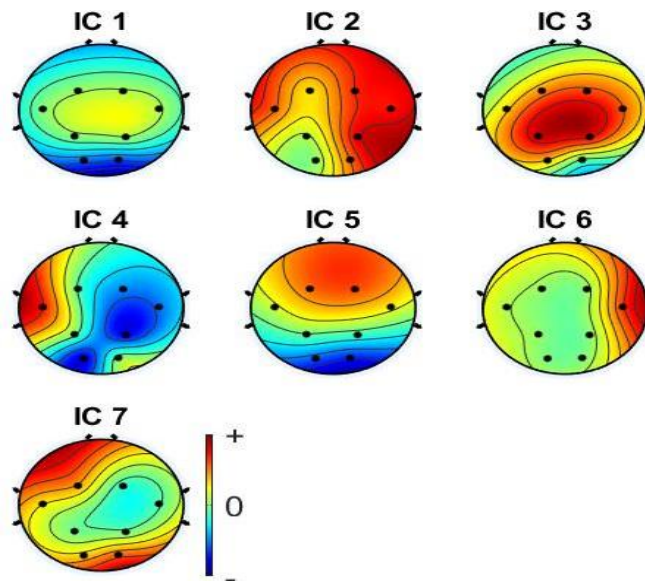




*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo cardiaco en el canal 1 producido por la colocación del electrodo en una arteria en el cuero cabelludo lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietales en ambos hemisferios.

**Figura 39**

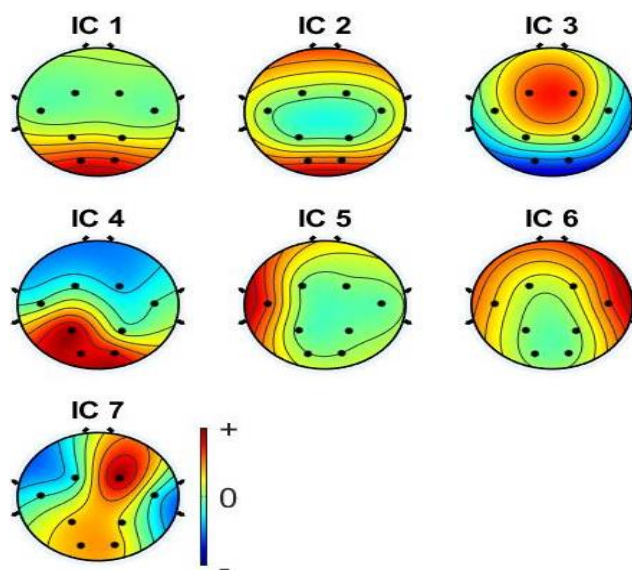
*Participante 4. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 3 que fue producido por constante movimientos musculares del participante, lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietales en ambos hemisferios.

**Figura 40**

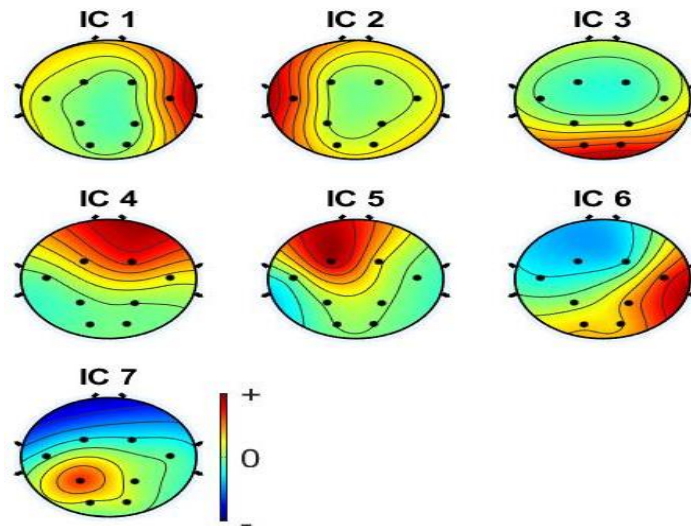
*Participante 5. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo cardiaco en el canal 3 producido por la colocación del electrodo en una arteria en el cuero cabelludo lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietales en ambos hemisferios.

**Figura 41**

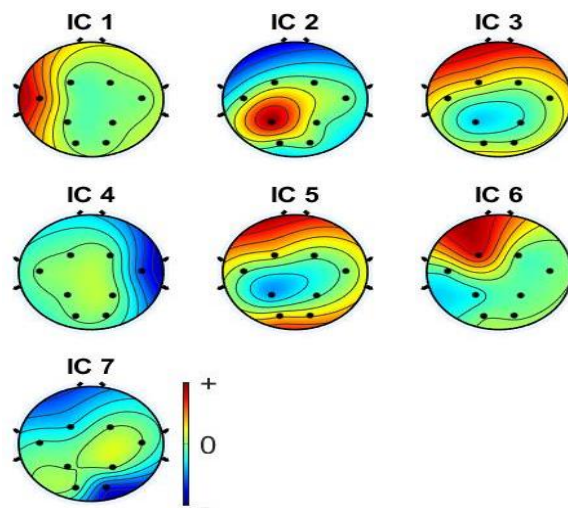
*Participante 6. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



Nota. En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 7 que fue producido por constante movimientos musculares del participante durante el desarrollo de las tareas, lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietales en ambos hemisferios.

#### Figura 42

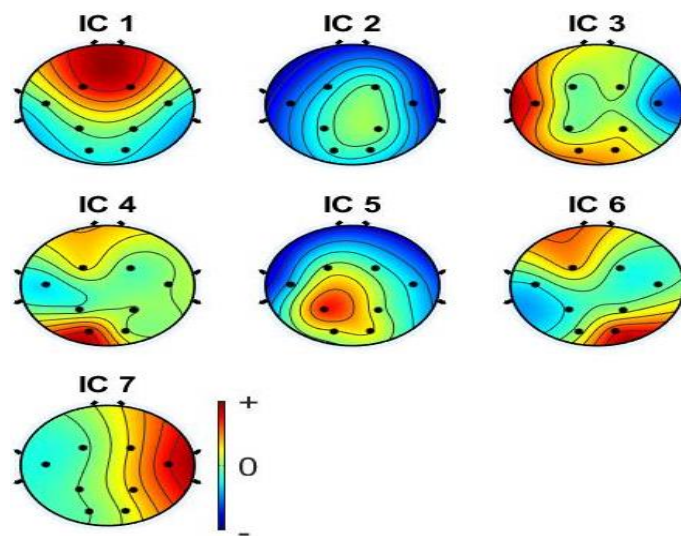
*Participante 7. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo cardiaco en el canal 2 producido por la colocación del electrodo en una arteria en el cuero cabelludo lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal izquierdo.

**Figura 43**

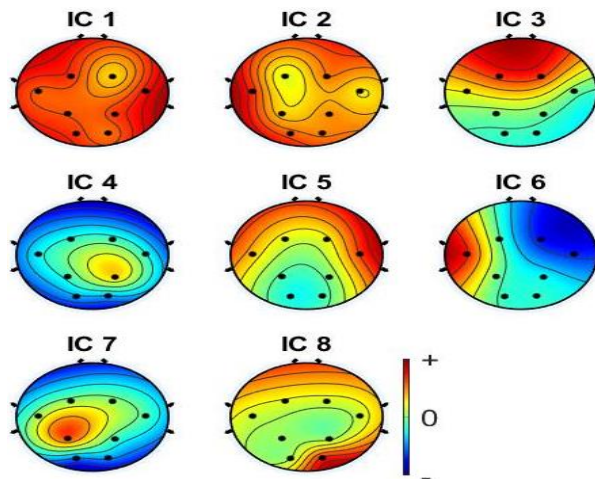
*Participante 8. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 3 que fue producido por constante movimientos musculares del participante durante el desarrollo de las tareas, lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietales en ambos hemisferios.

**Figura 44**

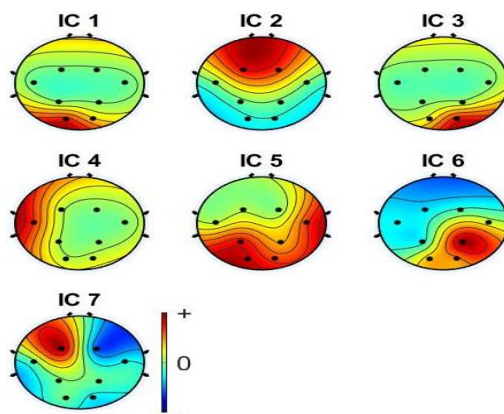
*Participante 9. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, no observó ningún artefacto que pudiesen interferir en el análisis, por lo consiguiente, en la activación topográfica cerebral se evidencia a nivel general una mayor activación (color rojo) en zonas frontales tanto del hemisferio izquierdo como del derecho y parietales del hemisferio derecho e izquierdo.

**Figura 45**

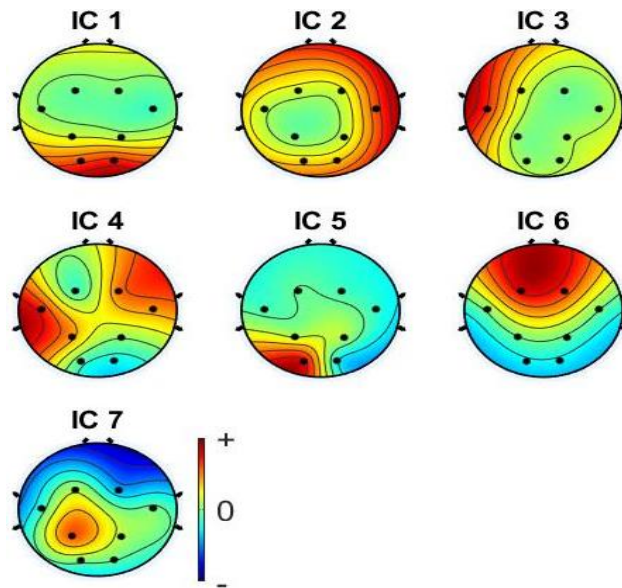
*Participante 10. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo cardiaco en el canal 3 producido por la colocación del electrodo en una arteria en el cuero cabelludo lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

### Figura 46

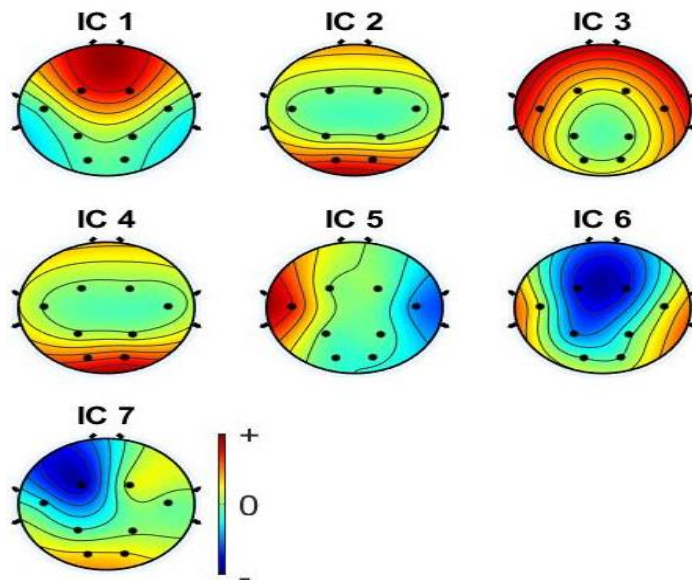
Participante 11. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.



Nota. En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo ocular en el canal 3 producido por mucho parpadeo de los ojos lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

### Figura 47

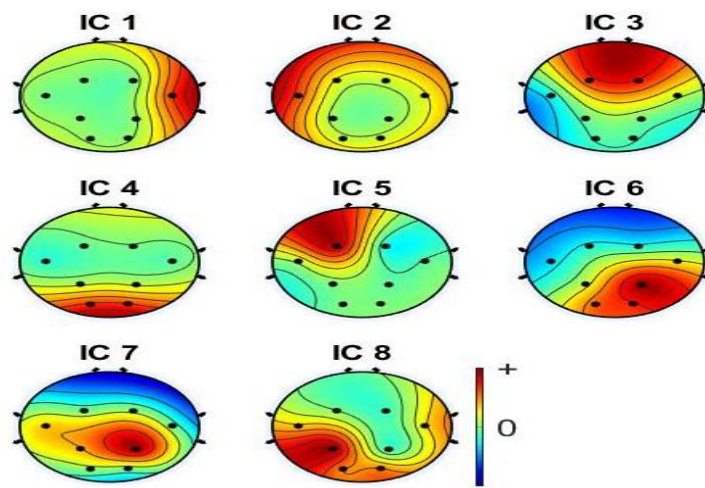
Participante 12. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 6 que fue producido por constante movimientos musculares del participante durante el desarrollo de las tareas, lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y temporales en ambos hemisferios.

### Figura 48

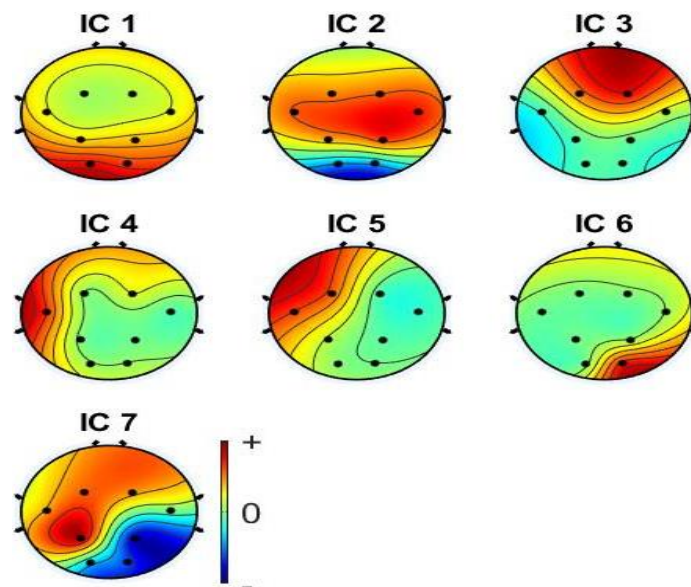
*Participante 13. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, no observó ningún artefacto que pudiesen interferir en el análisis, por lo consiguiente, en la activación topográfica cerebral se evidencia a nivel general una mayor activación (color rojo) en zonas frontales tanto del hemisferio izquierdo como del derecho y parietales del hemisferio derecho e izquierdo.

### **Figura 49**

*Participante 14. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*

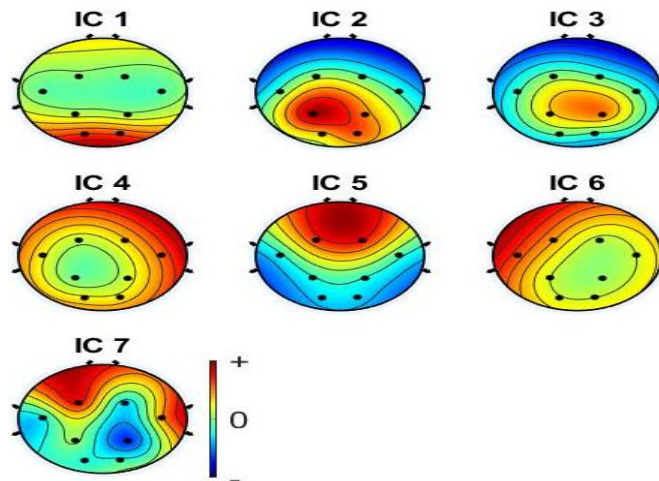


*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo cardiaco en el canal 1 producido por la colocación del electrodo en una arteria en el cuero cabelludo lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

### **Figura 50**

*Participante 15. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*

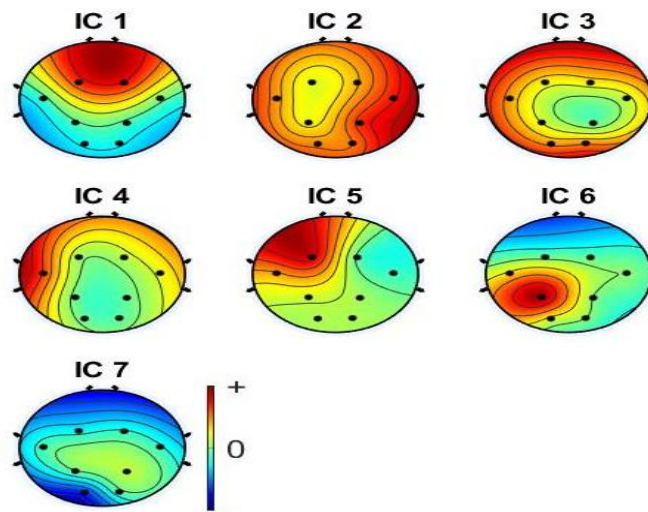




*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo cardiaco en el canal 1 producido por la colocación del electrodo en una arteria en el cuero cabelludo lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

**Figura 51**

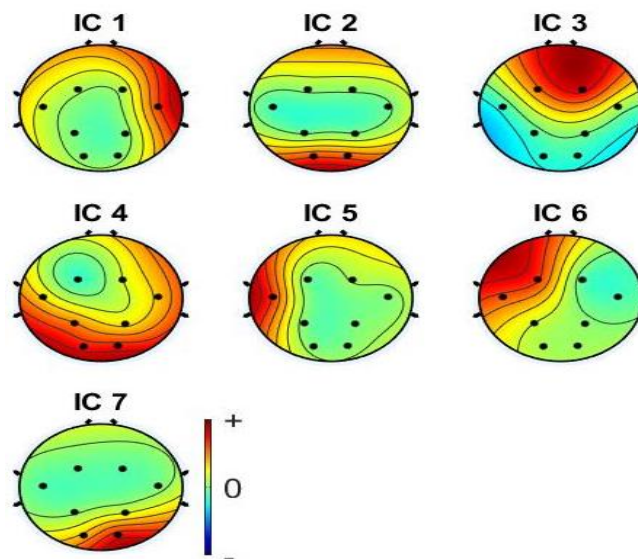
*Participante 16. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 1 producido por constante movimientos del cuerpo del participante durante el desarrollo de las tareas lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

**Figura 52**

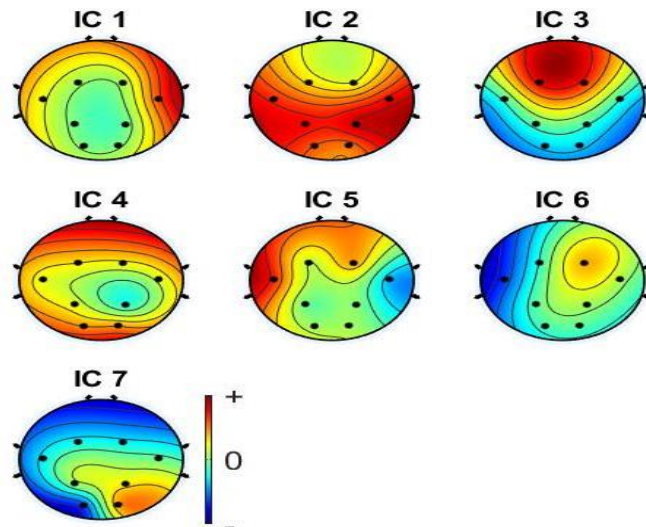
*Participante 17. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 8 producido por constante movimientos del cuerpo del participante durante el desarrollo de la tarea lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

**Figura 53**

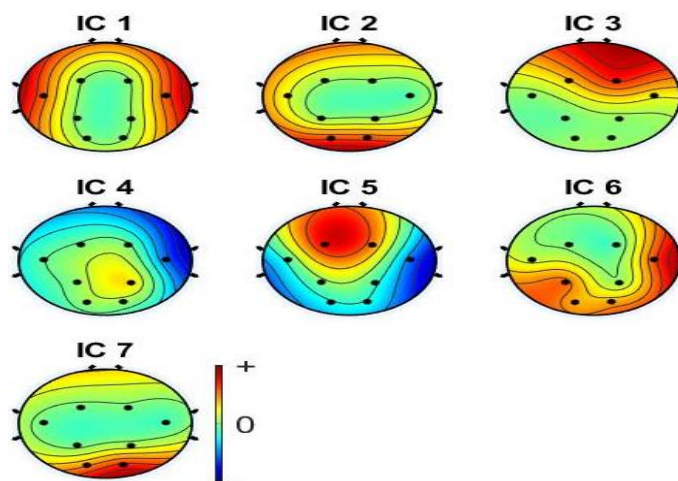
*Participante 18. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 7 producido por constante movimientos del cuerpo del participante durante el desarrollo de las tareas lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

**Figura 54**

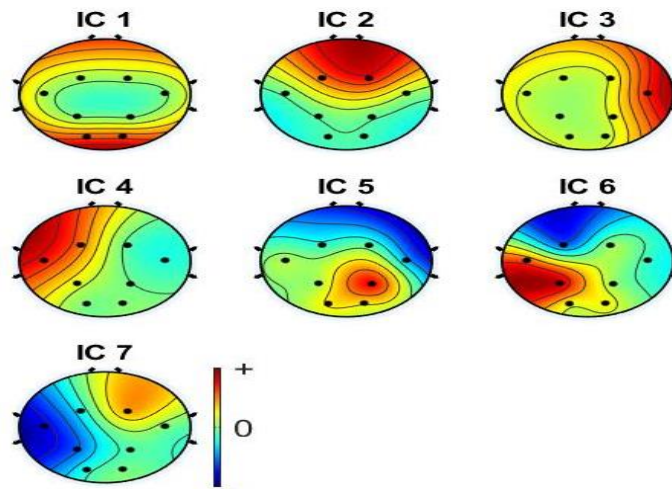
*Participante 19. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 2 producido por constante parpadeo de los ojos durante el desarrollo de las tareas lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

### Figura 55

*Participante 20. A) Componentes Independientes en Mapa de Calor en las Tareas de Atención Selectiva Después de Remover Artefactos.*



*Nota.* En la figura se muestra el mapa de calor de toda la actividad desarrollando tareas de atención selectiva, se observó un artefacto de tipo muscular en el canal 2 producido por constante movimiento del cuerpo del participante durante el desarrollo de las tareas lo que producía alteraciones en las señales, por lo que se eliminó este canal llegando a mostrar 7 de los 8 canales utilizados para un mejor análisis de las señales, por lo tanto, en la activación topográfica cerebral a nivel general se evidencia mayor activación (color rojo) en zonas frontales del hemisferio izquierdo y derecho y parietal en ambos hemisferios.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

La atención desempeña un rol importante en los diferentes aspectos de la vida del ser humano, representando un proceso cognoscitivo que resulta esencial en el ingreso y procesamiento de datos o información, así como también en el desarrollo del aprendizaje, la memoria, el lenguaje y la orientación (Granados Ramos et al., 2016).

Los estudiantes universitarios están sujetos a diversos niveles de estrés a lo largo de sus estudios, debido a la carga académica, horarios, el ambiente de trabajo, el cumplimiento de obligaciones académicas y otros factores, que requieren de la atención selectiva por parte del estudiante.

Se considera que el estrés es uno de los factores que más afectan el desempeño en los adultos; particularmente en estudiantes universitarios se espera que estos puedan tener un rendimiento acorde con el nivel de estudios, cuyo nivel de exigencia es alto. De este modo es necesario el estudio del tiempo de respuesta de los estudiantes, medido a través de la observación de la frecuencia de las ondas beta en pruebas de atención selectiva, correlacionando la actividad cerebral con el tiempo de respuesta.

Por ellos, el objetivo de la actual investigación fue correlacionar el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas beta por la ejecución de tareas Stroop de atención selectiva en estudiantes universitarios sanos a través de electroencefalografía cuantitativa. Los resultados descritos demostraron que en los 20 participantes los rangos de frecuencias Beta estuvieron desde los 12,64 Hz hasta los 24,38 Hz, sin embargo, a nivel general no existió correlación entre los tiempos de respuesta de las tareas Stroop y las frecuencias de las bandas Beta.

Algunos estudios en ciertas medida coincide con los actuales resultados, con es el caso del efectuado por Nawaz et al. (2021) en que se basó sobre el Análisis de Stroop mediante electroencefalografía utilizando potenciales relacionados con eventos y descomposición de frecuencia de tiempo, evidenciaron que los resultados de tiempo-frecuencia las oscilaciones cerebrales en los ensayos mediante el desarrollo de tareas Stroop no presenciaron relación, sin embargo, las frecuencia dominantes aumentaron en el rango Beta más alto, por lo que las respuestas cerebrales al estímulo visual de

atención selectiva están fuertemente correlacionadas con una banda beta más alta que ronda los 18-30 Hz.

Otro estudio con resultados similares donde se analizó el tiempo-frecuencia de los potenciales relacionados con eventos asociados con la prueba de Stroop, se observaron que cuando las personas desarrollan tareas que involucra la presencia de varios estímulos y por ende una gran atención se observa a nivel de la banda beta un aumento de frecuencia que ronda los 15-30 Hz (Ergen et al., 2014). Lo cual significaría que cuando el sujeto está desarrollando una actividad mental como es el caso de un aumento de la atención durante el proceso de la percepción, el cerebro produce y emite una frecuencia de mayor velocidad de transmisión denotando una actividad intensa que oscila entre los 12 a 35 Hz.

Por otro lado, con respecto al tiempo de reacción se demostró que el primer bloque compuesto por los 25 primeros estímulos del paradigma fue aquel que más demandaron atención selectiva y sobre todo mayor trabajo cognitivo, a comparación del segundo y tercer bloque donde los resultados del tiempo de reacción fueron inferiores, es decir menos tiempo para el desarrollo de esas tareas. Estos Hallazgos se asimilan a los resultados de Diaz et al. (2019) Donde estudiaron la actividad eléctrica cerebral de la atención en adolescentes, determinaron que los adolescentes y jóvenes al estar maduras muchas procesos cognitivas a comparación en la niñez, son capaces de desarrollar tareas complejas en menos tiempos a comparación de edades más tempranas, por lo que supone que este hallazgo se asociar a la presencia de procesamiento de información visual en los participantes (Diaz et al., 2019).

Por consiguiente, estos resultados podrían suponer que al estar analizando, desarrollando, observando, se produce un gran aumento de la atención selectiva producto de este tipo de tareas por lo que suelen ser novedosas y complejas, lo que hace que el cerebro humano utilice las experiencias previas obtenida en la vida cotidiana para llegar a una solución, en este sentido los bloques que estaba conformado las tareas se pueden evidenciar un menor tiempo de resolución por parte de la mayoría de los participantes, lo cual, se puede inferir que existió automatización de las funciones cognitivas atencionales.

Con respecto a la localización topografía mediante el desempeño de tareas con estímulos de atención selectiva, se observó en los mapas de calor mayor actividad en zonas frontales, parietales y occipitales. Estos resultados son similares a varios estudios encontrados, uno de ellos de gran relevancia titulado actividad eléctrica no lineal de las ondas cerebrales beta durante el desarrollo de una prueba de atención Stroop, utilizando los registros del lóbulo frontal, temporal y occipital, se analizó el rango de frecuencia de 13 a 30 Hz durante la prueba de Stroop, observando que las ondas beta durante la resolución de la prueba de atención, es posible notar que la mayoría de las regiones cerebrales estudiadas tienden a existir activación, lo cual da cuenta de la existencia de un proceso complejo resultados de la desorganización de la actividad de dichas cortezas, lo que representa la atención selectiva una actividad necesaria durante la resolución de problemas (Hadweh & Maureira, 2022).

De la misma manera un estudio denominado diferencias inter e intra-hemisféricas de dinámicas no lineales en las señales de electroencefalograma durante la resolución de una prueba de atención expone resultados similares, encontrando que la muestra implementada la mayoría de participante existió activación regiones prefrontales, temporales y occipitales (Maureira et al., 2021).

Otros estudios basados en la utilización de la electroencefalografía para el estudio de la localización y actividad eléctrica cerebral de la atención sostenida, demuestra que los sujetos en el momento del desarrollo de tareas que requieren un aumento de la atención, ocurren un incremento de potenciales eléctrico en la mayoría de la corteza cerebral, específicamente en los lóbulos frontales, parietales y occipitales (Flores et al., 2019; Maureira et al., 2020).

Un hallazgo a considerar es lo propuesto por Pagnotta et al. (2020) quien estudiaron las oscilaciones anidadas y conectividad cerebral durante etapas secuenciales de atención basada en características, demostrando resultados similares al actual estudio, que a nivel cerebral mediante el uso de tareas como las de Stroop se observa activación en toda la corteza cerebral con una mayor activación en zonas prefrontales y temporales.

Estos resultados se deben a que durante la presencia de varios estímulos que conforma el paradigma utilizado, se produce una demanda de atención selectiva desencadenando distintos patrones de oscilaciones y topologías de redes funcionales que preceden y siguen el inicio del estímulo, de esta manera a nivel cerebral la

activación durante el desarrollo de estas tareas es compleja evidenciando gran activación en las áreas antes mencionadas

Los riesgos que se consideró fueron que los electrodos no son incómodos y que los pacientes no sentirán ningún tipo de descarga en el cuero cabelludo. No obstante, este procedimiento puede estresar al paciente, al tener electrodos en el cuero cabelludo o tener que quedarse quietos durante el estudio.

De esta manera se cumple con los objetivos específicos de describir las propiedades y características del electroencefalograma, examinar el comportamiento de las ondas cerebrales Beta en los estudiantes universitarios, describir las características de la atención selectiva mediante las tareas Stroop y calcular la correlación entre el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas Beta con la ejecución de tareas Stroop de atención selectiva mediante electroencefalografía cuantitativa.

Por otro lado, esta investigación permite obtener, analizar y evaluar las mediciones de las ondas cerebrales alfa y beta en estudiantes universitarios, obtenidas mediante EEG e interpretadas según la interfaz OpenBCI. Con ello, se obtuvo resultados cuantitativos descriptivos y correlacionales. Los cuales muestran en qué magnitud (correlación de Pearson) se encuentran relacionados los tiempos de respuesta de las ondas beta, en los estudiantes universitarios al realizar tareas Stroop. De esta manera se cumple con el objetivo general: Correlacionar el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas Beta con la ejecución de tareas Stroop de atención selectiva en estudiantes universitarios sanos a través de EEG cuantitativa, en la ciudad de Cuenca, año 2021.



## CONCLUSIONES

El objetivo general de la investigación fue correlacionar el tiempo de respuesta y la frecuencia de las ondas Beta con la ejecución de tareas Stroop de atención selectiva en estudiantes universitarios sanos a través de EEG cuantitativa, se concluye que no existió nivel de significación superior al valor alfa, por lo que se rechaza la hipótesis de que no existe correlación entre los tiempos de respuesta de las tareas Stroop y las frecuencias de las bandas Beta. Sin embargo, partir de las evidencias presentadas en este estudio, se logró el cumplimiento de los objetivos específicos que se muestran a continuación:

Se pudo describir las propiedades y características del electroencefalograma mediante la aplicación y utilización del equipo BCI EEG, donde se pudo determinar la ubicación de los electrodos, forma de captación, análisis de señales electroencefalográficas, además de demostrar que tipo de resultados y valores podríamos obtener. Por otro lado, con respecto al tiempo de reacción de las tareas de atención selectiva que estuvo compuesta el paradigma utilizado, se demostró que los sujetos en el primer bloque existieron cierta dificultad en el momento del desarrollo, debido a que existió mayor tiempo para el desarrollo correcto de las tareas, sin embargo, en los demás bloques el tiempo de reacción fue inferior, lo que supondrían facilidad en esas tareas.

Con respecto al comportamiento de las ondas Betas en los estudiantes universitario, se logró concluir que se evidenciaron mediante el desarrollo de tareas que requiere de un gran aumento cognitivo como es el caso de la atención selectiva, las frecuencias variadas en cada participante que ronda los 12,64 Hz hasta los 24,38 Hz, lo que demuestra que al no ser estacionarias las ondas cerebrales cada participante tuvo diferentes frecuencias.

Es importante mencionar que, con respecto a las localizaciones topográficas de la atención selectiva, fue evidente notar en los mapas de calor una activación a nivel general de toda la corteza cerebral, sin embargo, existió en mayor medida por el color rojizo que mostraba los mapas de calor, una mayor presencia de activación en zonas frontales, parietales y occipitales, estos resultados se asimilaron en gran medida con diferentes estudios encontrados.

Cabe recalcar que a pesar de disponer de pocos electrodos para la recopilación y de análisis de señales electrofisiológicas, presencia de ruidos musculares, cardiacos, visuales y del entorno que pudieron interferir en la distorsión de los resultados, además del poco conocimiento de la ingeniería, uso de la electroencefalografía, así como el procesamiento de esos datos y las señales que el casco arrojaba. Finalmente, a pesar de todas estas limitaciones, esta investigación aportó con datos valiosos al campo de la neuropsicología involucrada en la actividad eléctrica cerebral que permiten y ayudan a caracterizar posibles perfiles electrofisiológicos asociados a la atención selectiva en población estudiantil universitaria sana, además de que podrían tenerse en cuenta a la hora de realizar la evaluación, diseño y planeación de nuevas estrategias de intervención neuropsicológica.

Este trabajo constituye un primer esfuerzo por vincular las nuevas tecnologías de registro electrofisiológico cerebral al estudio de aspectos cognitivo como es la atención selectiva en Latinoamérica, por ello, una de las limitaciones de este estudio es la poca información y estudios que aborden sobre el tiempo de reacción y frecuencia en la atención selectiva mediante el uso de la electroencefalografía, por lo que sería interesante que futuras investigaciones se siga trabajando los aspectos relacionado a la atención selectiva con la utilización de más de ocho electrodos, con el objetivo de contrastar o duplicar los resultados obtenidos en la presente investigación.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe potenciar más investigaciones o estudios en base al tema expuesto, con mayor número poblacional para determinar nuevas técnicas neuropsicológicas que aporten sobre el tema de la atención, debido a que como se observó son pocos los estudios encontrados que aborden las situaciones relevantes sobre la atención selectiva.
- Se debe implementar para investigaciones futuras la utilización de más de ocho electrodos, de esta manera posibilitaría a tener resultados que sean de gran impacto.
- Se recomienda que en futuras investigaciones al trabajar con la técnica de electroencefalografía se cuente con laboratorio o lugares apropiados que permitan un buen ambiente libre de ruidos ambientes u otros factores que puedan afectar los resultados del estudio.
- Por último, es necesario contar con experiencia o personal capacitado que brinda ayuda en el análisis e interpretación de las señales electroencefalográfica debido a la complejidad que suele ser el utilizar esta técnica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, I. (2002). Aspectos éticos en la investigación científica. *Ciencia y Enfermería*, 8(1). <https://doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>
- Alarcón, E. y Guzmán, M. (2016). Potenciar la atención y concentración de los estudiantes de grado 2° de la escuela Isabel de castilla a través de actividades artísticas y lúdico-pedagógicas. [Tesis de Pregrado, Universidad Los Fundadores]. Repositorio Universidad los Libertadores.  
<https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1112/Guzm%C3%A1nGrijalvaMartaLucia.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Alfonso, B., Calcines, M., Monteagudo, R. & Nieves, Z. (2015). Estrés académico. *EDUMECENTRO*, 7(2), 163-178.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/edu/v7n2/edu13215.pdf>
- Alonso, L., Arreola, M. & Argüello, J. (2019). Interfaces Cerebro-Computadora: Conceptualización, Retos de Rediseño e Impacto Social. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 40(3), e201912EE3. Epub 21 de septiembre de 2020. <https://doi.org/10.17488/rmib.40.3.8>
- Andrián, M. (2019). Atención selectiva en el ámbito escolar de niños entre 10 y 12 años que practican básquet de manera sistemática en la ciudad de Paraná. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica Argentina]. Repositorio Pontificia Universidad Católica Argentina.  
<https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/8977/1/atencion-selectiva-ambito-escolar.pdf>
- Arafat, I. (2013). Brain-Computer Interface: Past, Present & Future. International Islamic University Chittagong (IIUC); Chittagong, Bangladesh.
- Arapova, Y., Shikhliarova, A., Verbitsky, E. & Rostorguev, E. (2016). Electroencephalographic Activity of Wakefulness and Sleep Associated with Primary Brain Tumors in Human: A Pilot Study. *Journal of Sleep Medicine & Disorders*, 3(7), 1068.  
<http://www.jscimedcentral.com/SleepMedicine/sleepmedicine-3-1068.pdf>

- Añaños, E. (1999). *Psicología de la atención y de la percepción, guía de estudio y evaluación personalizada*. Barcelona: Universitat autònoma de Barcelona servei de publicacions. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=188707>
- Avello, R. & Seisdedo L. (2017). El procesamiento estadístico con R en la investigación científica. *MediSur*, 15(5), 583-586. Recuperado en 02 de noviembre de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2017000500001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2017000500001&lng=es&tlng=es).
- Bernabéu, E. (2017). La atención y la memoria como claves del proceso de aprendizaje. Aplicaciones para el entorno escolar. *REIDOCREA*, 6(3), 16-23. <https://www.ugr.es/~reidocrea/6-2-3.pdf>
- Camargo, A. & Riveros, F. (2015). Efectos del estrés social agudo sobre la atención selectiva en estudiantes universitarios. *Informes Psicológicos*, 15(2), 33-46. <https://doi.org/10.18566/infpsicv15n2a02>
- Camelo, S., Rojas, D., Mejía, A. & Castro, R. (2015). Registro de la actividad eléctrica cerebral de la atención implicada en la conducción bajo el efecto del alcohol usando un instrumento BCI (brain control interface). *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, 11(2), 217-233. <https://www.redalyc.org/pdf/679/67944781004.pdf>
- Castelblanco, I., Peña, K. & Moreno, C. (2017). Variación en la actividad eléctrica de la corteza cerebral prefrontal, frontal y temporal en consumidores de Cannabis. *Actualidades Biológicas*, 39(106), 60-70. <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v39n106/0304-3584-acbi-39-106-00060.pdf>
- Carpio, B. (2020). Desarrollo de la atención selectiva a través del juego en estudiantes de educación superior. *Comuni@cción*, 11(2), 131-141. <https://dx.doi.org/10.33595/2226-1478.11.2.425>
- Charchat, H. & Oliveira, R. (2009). Performance of 119 Brazilian children on Stroop paradigm: Victoria version. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 67(2b), 445-449. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2009000300014>

- Chauhan, P. & Singh, M. (2016). Brain Waves and Sleep Science. *Intl J Engg Sci Adv Research*, 2(1), 33-36.  
[http://www.ramauniversityjournal.com/engineering/pdf\\_may/33-36.pdf](http://www.ramauniversityjournal.com/engineering/pdf_may/33-36.pdf)
- Cicekci, M. & Sadik, F. (2019). Teachers' and Students' Opinions About Students' Attention Problems During the Lesson. *Journal of Education and Learning*, 8(6), 15-30. <https://doi.org/10.5539/jel.v8n6p15>
- Cid, F. & Muñoz, H. (2021). Actividad eléctrica no lineal de las ondas beta cerebrales durante una prueba de atención sostenida. *Revista EIA*, 18(36), 1-13.  
<https://doi.org/10.24050/reia.v18i36.1506>
- Demertzi, A., Tagliazucchi, E., Dehaene, S., Deco, G., Barttfeld, P. & et al. (2019). Human consciousness is supported by dynamic complex patterns of brain signal coordination. *Science Advances*, 5(eaat7603), 1-11.  
<https://advances.sciencemag.org/content/advances/5/2/eaat7603.full.pdf>
- Díaz, A. & Camelo, S. (2019). Actividad eléctrica cerebral de la atención en adolescentes policonsumidores por medio de un equipo de BCI (Brain Control Interface). *Acta Colombiana de Psicología*, 22(1), 175-188.  
<https://doi.org/10.14718/ACP.2019.22.1.9>
- Ergen, M., Saban, S., Kirmizi-Alsan, E., Uslu, A., Keskin-Ergen, Y., & Demiralp, T. (2014). Time–frequency analysis of the event-related potentials associated with the Stroop test. *International Journal of Psychophysiology*, 94(3), 463–472. doi:10.1016/j.ijpsycho.2014.08.17
- Fernández, A. (2014). Neuropsicología de la atención. Conceptos, alteraciones y evaluación. *Revista Argentina de Neuropsicología*. 25. 1-28.  
[https://www.revneuropsi.com.ar/\\_files/ugd/2c1a84\\_5517a6e653f04f9faf2f01ca31973eba.pdf](https://www.revneuropsi.com.ar/_files/ugd/2c1a84_5517a6e653f04f9faf2f01ca31973eba.pdf)
- Fernández, E. (2019). Uso del Matlab, clases de reforzamiento y rendimiento académico en estudiantes de análisis matemático–USP 2017. [Tesis doctoral, Universidad San Pedro]. Repositorio académico Universidad San Pedro.

[http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10921/Tesis\\_611\\_99.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10921/Tesis_611_99.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Flores, E. (2016). Proceso de la atención y su implicación en el proceso de aprendizaje. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 7(3), 187-200.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6650939.pdf>
- Flores, E., Maureira, F., Díaz, H. & Navarro, B. (2020). Modificaciones neurofisiológicas de ondas beta durante un test atencional tras una intervención de ejercicio físico. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15(44), 201–2011.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7427873>
- Flores, E., Maureira, F., Díaz, H., Navarro, B., Gavotto, O., & Matheu Pérez, A. (2019). Efectos de una sesión de ejercicio físico sobre la actividad neurofisiológica durante la resolución de una prueba de atención selectiva. *Retos digital*, 36, 391–397. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.68960>
- Flores, A., Nakakawa, A. & De la Serna, A. (2018). Revisión teórica del proceso de atención sostenida en la infancia y adolescencia. *Rev. Chil. Neuropsicol.*, 13(1), 33-41. <https://doi.org/10.5839/rcnp.2018.13.01.07>
- García, M. L. & Sierra, L. M. (2021). Evaluación de dos protocolos basados en ritmos cerebrales theta/beta y ritmo sensoriomotor con neurofeedback para potenciar la atención en personas sanas. Recuperado de:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/16479>.
- García, J. (1997). *Psicología de la Atención*. Madrid: Síntesis Psicológica
- Granados, D., Figueroa, S. & Velásquez, A. (2016). Dificultades de atención y competencias de investigación en estudiantes universitarios de psicología. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 21(2), 131-140.  
<https://www.redalyc.org/pdf/292/29248181003.pdf>
- Gómez, M., Villalobos, A., Lara, C., Juárez, L., Castellanos, E., Ortiz, A. y Suarez, L. (2018). Análisis de bioseñales: Enfoque técnico de la adquisición, procesamiento y sus aplicaciones. *Innovación y desarrollo tecnológico revista*

digital. 10(2). [https://iydt.files.wordpress.com/2019/01/corregido-2-2-\\_an%C3%A1lisis-debiose%C3%B1ales-enfoque-t%C3%A9cnico-de-la-adquisici%C3%B3n-procesamiento-y-sus-aplicaciones.pdf](https://iydt.files.wordpress.com/2019/01/corregido-2-2-_an%C3%A1lisis-debiose%C3%B1ales-enfoque-t%C3%A9cnico-de-la-adquisici%C3%B3n-procesamiento-y-sus-aplicaciones.pdf)

Gutiérrez, F., Ramos, M. & Vila, J. (2018). Executive efficacy on Stroop type interference tasks. A validation study of a numerical and manual version (CANUM). *Anales de Psicología*, 34(1), 184-196.  
<https://doi.org/10.6018/analesps.34.1.263431>

Hadweh, M. & Maureira, F. (2022). Actividad eléctrica no lineal de las ondas beta cerebrales durante una prueba de atención alternante e inhibición de la interferencia. *Revista EIA*, 19(38), 1–14.  
<https://doi.org/10.24050/reia.v19i38.1544>

Ison, M, & Korzeniowski, C. (2016). El Rol de la Atención y Percepción Viso-Espacial en el Desempeño Lector en la Mediana Infancia. *Psykhé*, 25(1), 1-13.  
<https://dx.doi.org/10.7764/psykhe.25.1.761>

Lee, L. (2013). Mechanisms and Functions of theta Rhythms. *Annual Review of Neuroscience*. 36, 395-312. doi: 10.1146/annurev-neuro-062012-170330

Liang, W., Tseng, P., Yeh, J., Huang, N. & Juan, C. (2021). Frontoparietal Beta Amplitude Modulation and its Interareal Cross-frequency Coupling in Visual Working Memory. *Neuroscience*, 460, 69–87.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.02.013>

Liu, N., Chiang, C. & Chu, H. (2013). Recognizing the Degree of Human Attention Using EEG Signals from Mobile Sensors. *Sensors*, 13, 10273-10286.  
<https://doi.org/10.3390/s130810273>

Maureira, F. y Flores, E. (2018). Electroencefalografía (EEG) y diversas manifestaciones del movimiento: una revisión del 2000 al 2017. *Revista digital de Educación Física*. 9(51), 48-63.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6360322>



- Maureira, F, Flores, E, & Díaz, H. (2020). Diferencias inter e intra-hemisféricas de dinámicas no lineales en las señales de electroencefalograma durante la resolución de una prueba de atención. *Revista de la Facultad de Medicina*, 68(4), 577-585. Epub January 16, 2021. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v68n4.76046>
- Maureira, F. & Díaz, H. (2021). Actividad eléctrica no lineal de las ondas beta cerebrales durante una prueba de atención sostenida. *Revista EIA*, 18(36), 1-13. <https://doi.org/10.24050/reia.v18i36.150>.
- Maureira, F., Díaz, H., Flores, E., Gavotto, O. & Hadweh, M. (2020). Variaciones de las dinámicas no lineales de las ondas gamma durante la resolución de una prueba de atención tras la aplicación de ejercicio físico. *Retos*, 37: pp.320-325. <https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.73032>
- Monasterio, A., Txetxu, A., Toboso, Morte, M., R., Payá, A. & López, D. (2019). Traducir el pensamiento en acción: Interfaces cerebro-máquina y el problema ético de la agencia. *Revista de Bioética y Derecho*, (46), 29-46. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1886-58872019000200003&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1886-58872019000200003&lng=es&tlng=es).
- Morán, A. (2015). Diseño de interfaces cerebro-máquina controlados mediante registros de EEG. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio académico Universidad Autónoma de Madrid. <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20150203AlvaroMoranGarcia.pdf>
- McKilliam, A. (2020). What is a global state of consciousness? *Philosophy and the Mind Sciences*, 1(2), 1-22. <https://doi.org/10.33735/phimisci.2020.II.58>
- Murugesan, M. (2011). Intelligent EEG Analysis. *ICTACT Journal on Soft Computing*, 1(4), 178-182. <https://core.ac.uk/download/pdf/25559444.pdf>

- Navarro, R. (2012). Instrumentación biomédica. España: Universidad de Alcalá.  
<https://silo.tips/download/universidad-de-alcala-departamento-de-electronica-2>
- Nawaz, R., Nisar, H., & Voon, Y. V. (2021). Analyses of Stroop EEG using Event Related Potentials and Time-Frequency Decomposition. 2020 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES). doi:10.1109/iecbes48179.2021.9398768
- Neilson, B., Craig, C., Travis, A. & Klein, M. (2019). A review of the limitations of Attention Restoration Theory and the importance of its future research for the improvement of well-being in urban living. *Visions for Sustainability*, 11(1), 59-67. <https://doi.org/10.13135/2384-8677/3323>
- Oh., Seong, Y., Yi, S. & Park, S. (2020). Neurological Measurement of Human Trust in Automation Using Electroencephalogram. *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 20(4), 261-271.  
<https://doi.org/10.5391/IJFIS.2020.20.4.261>
- Open Source Imaging. (2021). *OpenBCI – Open-source EEG*.  
<https://www.opensourceimaging.org/project/openbci/>
- Pagnotta, M. F., Pascucci, D., & Plomp, G. (2020). Nested oscillations and brain connectivity during sequential stages of feature-based attention. *NeuroImage*, 117354. doi:10.1016/j.neuroimage.2020.11
- Petersen, S. E. & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual review of neuroscience*, 35, 73–89.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Pineda, L. (2021). *Análisis con electroencefalografía (eeg) de la escucha de música para el estudio de estrés académico*. [Tesis de Maestría, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Repositorio Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.  
<https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/2048/1/Rogelio%20Sotero%20Reyes%20Galaviz-Tesis%20corregida.pdf>

- Pinillos, E. (2003). *Propuesta para el diseño de un sistema de electroencefalografía computarizada y autodiagnóstico basado en reconocimiento de patrones*. [Tesis de posgrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Universidad de San Carlos de Guatemala.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0200\\_CS.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0200_CS.pdf)
- Prichard, C. & Atkins, A. (2019). Selective attention of L2 learners in task-based reading online. *Reading in a Foreign Language*, 31(2), 269-290.  
<http://www.nflrc.hawaii.edu/rfl/October2019/October2019/articles/prichard.pdf>
- Priya, S. & Abha, S. (2020). Brainwaves as markers of intelligence quotient and spiritual intelligence. *The International Journal of Indian Psychology*, 8(3), 128-135. <https://doi.org/10.25215/0803.017>
- Putman, P. (2011). Resting state EEG delta–beta coherence in relation to anxiety, behavioral inhibition, and selective attentional processing of threatening stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 80(1), 63–68.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.01.011>
- Rai, K., Thakur, K., Mane, P. & Panigrahi, N. (2020). Design of an EEG Acquisition System for Embedded Edge Computing. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(4), 119-129.  
<https://dx.doi.org/10.25046/aj050416>
- Ramos, C., Paredes, L., Andrade, S., Santillán, W. & González, L. (2016). Sistemas de Atención Focalizada, Sostenida y Selectiva en Universitarios de Quito-Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Neurología*. 25, 1-3. <http://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2017/05/Sistemas-atencion-focalizada-sostenida-selectiva-universitarios-quito-ecuador.pdf>
- Ramos, C. (2017). Adaptación del Test Stroop Victoria en Estudiantes Ecuatorianos. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación-e Avaliação Psicológica*, 2(44), 57–64. <https://doi.org/10.21865/RIDEP44.2.05>
- Rashid, A., Tahir, S., Saleem, A. & Qureshi, I. M. (2015). Detection of Brain Tumor in EEG Signals Using Independent Component Analysis. *International Journal of*

*Applied Mathematics, Electronics and Computers*, 3(2), 78-82.

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/89428>

Rodríguez, L., Saracco, R., Escamilla, R., y Fresán, A. (2014). Validez de la Escala de Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA) para determinar deterioro cognitivo en pacientes con esquizofrenia. *Salud mental*, 37(6), 517-522.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S018533252014000600010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018533252014000600010&lng=es&tlng=es).

Stevens, C. & Bavelier, D. (2011). The role of selective attention on academic foundations: A cognitive neuroscience perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(1), 30-48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.11.001>

Sumathi, D., GuruPrakash, S. & Vinod, V. (2018). Brain Computer Interface (BCI) Based Smart Wheelchair Control. *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)*, 2(2), 618-628. <http://ajast.net/data/uploads/4087.pdf>

Tamber, B. & Marois, R. (2016). Central attention is serial but mid-level and peripheral attention are parallel—A hypothesis. *Attention, perception & psychophysics*, 78(7), 1874-1888. <https://doi.org/10.3758/s13414-016-1171-y>

Tandle, A., Jog, N., D'cunha, P. & Chheta, M. (2016). Classification of Artefacts in EEG Signal Recordings and EOG Artefact Removal using EOG Subtraction. *Communications on Applied Electronics*, 4(1), 12-19. <https://www.caeaccess.org/research/volume4/number1/tandle-2016-cae-651997.pdf>

Thomas, T., James, M., Shaji, R. & Pillai, B. (2016). Interpretation of Human Stages from EEG Signals Using LabVIEW. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(3), 517-519. <https://doi.org/10.17148/IJARCCCE.2016.53126>

Tiago, E., Quelhas, E. & Santos, J. (2016). Changes in EEG amplitude (Alpha and Beta waves) with Thermal environment. *DYNA*, 83(197), 87-93.

<https://doi.org/10.15446/dyna.v83n197.57590>

- Treisman, A. M. (1960). Contextual Cues in Selective Listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(4), 242–248.  
<https://doi.org/10.1080/17470216008416732>
- Urgilés, D. & Vásquez, G. (2017). *Implementación de un Sistema BCI para el Análisis del Comportamiento de Bioseñales Neurológicas*. [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay]. Repositorio Universidad del Azuay.  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7306/1/13249.pdf>
- Villarraig, L. y Muiños, M. (2018). *La atención: principales rasgos, tipos y estudios*. [Tesis de Pregrado, Universidad Jaume]. Repositorio Universidad Jaume.  
[http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/177765/TFG\\_2018\\_VillarraigClaramonte\\_Laura.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/177765/TFG_2018_VillarraigClaramonte_Laura.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Wright, B. (2017). What Stroop tasks can tell us about selective attention from childhood to adulthood. *British Journal of Psychology*, 108(3), 583-607.  
<https://doi.org/10.1111/bjop.12230>

## ANEXOS

### Anexo 1



### MAESTRÍA EN NEUROPSICOLOGÍA DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

### INVESTIGACIÓN

Yo..... con cédula de  
identidad..... acepto participar en la investigación sobre  
*“Correlación entre el Tiempo de Respuesta y la Frecuencia de las Ondas Beta por la  
Ejecución de Tareas Stroop de Atención Selectiva en Estudiantes Universitarios Sanos  
a través de Electroencefalografía Cuantitativa.”* conducido por Diego Ismael Godoy  
Rodríguez con número de cédula 01, perteneciente al programa de maestría de  
Neuropsicología en la Universidad del Azuay, bajo la tutela del PhD. Daniel Aguirre  
tutor del trabajo de investigación con número de teléfono: 0992757805.

Conozco que los resultados obtenidos no tendrán devolución puesto que, son  
confidenciales y de uso investigativo.

---

**Firma de aceptación**

**Anexo 2**



**Numero Participante:**

**Edad:**

**Sexo:**

**Lateralidad:**

**Escolaridad:**

**Criterios de inclusión:**

Trastornos neurológicos si ( ) no ( )

Especifique \_\_\_\_\_

Trastornos psiquiátricos si ( ) no ( )

Especifique \_\_\_\_\_

Consumo de sustancias si ( ) no ( )

Especifique \_\_\_\_\_

Consumo de medicamento si ( ) no ( )

Especifique \_\_\_\_\_

Uso de auxiliares si ( ) no ( )

- Lentes ( )
- Audífonos ( )
- Otras ( )

Especificar \_\_\_\_\_