

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. JUÁREZ**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



**COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS CEREBRALES DURANTE LA CURVA DE  
APRENDIZAJE EN LA MANUFACTURA DE UN PRODUCTO CON LEGOS**

**TESIS  
QUE PRESENTA**

**FÉLIX ALFONSO LIRA CASAS**

**COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CD. JUÁREZ, CHIH.**

**NOVIEMBRE DE 2019**



## **DEDICATORIA**

A mi familia la cual me motivo a que continuara con mis estudios, siempre velando por mi crecimiento como persona y profesional.

A mis profesores que con su arduo esfuerzo y dedicación compartieron sus conocimientos.

Al Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez por volverme a abrir las puertas a una nueva etapa como estudiante en sus aulas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme vida, salud y sabiduría para seguir con las metas que me propongo, sé que con su fortaleza siempre puedo confiar.

A mis padres que con sus grandes esfuerzos me han sacado adelante, son mi gran inspiración en la vida y sin ellos no sería el hombre que soy en la actualidad.

A mis dos hermanas por siempre escuchar, comprenderme y darme consejos cuando más las necesito, las mujeres que más admiro.

A mi directora de tesis la Maestra Ana Isela García Acosta, al Dr. Jorge De la Riva Rodríguez y a la Dra. Rosa María Reyes por todo el apoyo, tiempo y paciencia que me brindaron en el transcurso de la maestría. Muchas gracias por todo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado durante mis estudios en la carrera de Maestría en Ingeniería Industrial, el cual sin la ayuda de este organismo no hubiera sido posible iniciar y culminar el nivel de posgrado.

Y a todas aquellas personas y compañeros que fueron parte de este camino que decidí seguir.

## **RESUMEN**

En la industria es de gran importancia garantizar productos con excelente calidad, a lo cual es necesario que el personal obtenga un entrenamiento como es debido para apegarse a los estándares establecidos. Sin embargo, el exigente empeño hacia el obrero de alcanzar tales metas puede provocar un exceso de carga de trabajo, el cual se ve reflejado en una constante actividad cerebral que puede dar como resultado un ineficiente aprendizaje y posteriormente en un posible producto que no cumpla con las exigencias del cliente.

Este proyecto tiene como objetivo encontrar que ondas cerebrales, dadas por Delta, Theta, Alfa, Low Beta, High Beta y Gamma tienen mayor actividad significativa y en que partes del cerebro se encuentran con más presencia dentro de una curva de aprendizaje en la manufactura de un producto con LEGOS. Para la captura de datos fue utilizado el Emotiv EPOC un aparato inalámbrico de electroencefalograma con catorce electrodos y el software Emotiv PRO el cual sirvió para establecer conexión y grabar el comportamiento de las ondas cerebrales.

Para la elaboración de este estudio se tomaron en cuenta diferentes antecedentes y conceptos referentes al cerebro humano y su comportamiento en actividades que requieren un trabajo repetitivo o un gran esfuerzo por parte de todo el cuerpo.

La metodología para la elaboración del experimento inició con un estudio para determinar el tiempo estándar que los participantes del proyecto debían alcanzar en la elaboración de un producto con LEGOS; todo esto sin que los sujetos de prueba tuvieran conocimiento previo del ensamble, con el objetivo de desarrollar una curva de aprendizaje. Se les colocó el aparato Emotiv EPOC y con el apoyo del software Emotiv PRO se pudo determinar la lectura de ondas cerebrales. Posteriormente con la ayuda del software Matlab junto la herramienta EEGLAB se procesó los datos obtenidos, se

clasificaron en los diferentes lóbulos que compone el cerebro y con el uso de un método estadístico se comprobó la existencia de actividad significativa.

# CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	X
LISTA DE FIGURAS .....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
2.1. Antecedentes .....	4
2.2. Definición del Problema .....	5
2.3. Objetivos .....	6
2.4. Preguntas de Investigación .....	6
2.5. Hipótesis .....	6
2.6. Justificación .....	7
2.7. Delimitaciones .....	7
3. MARCO TEÓRICO .....	8
3.1. Neuroergonomía .....	8
3.1.1. Antecedentes y Estudios Realizados.....	8
3.1.2. Métodos Utilizados en la Neuroergonomía .....	9
3.2. Lóbulos Cerebrales .....	13
3.3. Lectura de Señales para la Medición de las Ondas Cerebrales.....	14
3.3.1. Eliminación de Artefactos en Señales.....	15
3.3.1.1. Método de Análisis de Componentes Independientes (ICA) .....	15
3.3.1.2. Método Artifact Subspace Reconstruction (ASR).....	17
3.4. Electroencefalograma .....	18
3.4.1. Utilización y Modo de Uso.....	18
3.4.2. Origen del Electroencefalograma .....	19
3.4.3. Ondas Cerebrales .....	21

3.4.3.1.	Estados Cognitivos Representados en las Ondas Cerebrales .....	24
3.4.4.	Tipos de Electroencefalogramas .....	25
3.4.5.	Emotiv EPOC.....	26
3.5.	Estudio del Trabajo .....	27
3.5.1.	Curva de Aprendizaje .....	27
3.5.2.	Fundamento Matemático y Diseño (Niebel, 2005).....	28
3.5.3.	Estudio de Tiempos.....	31
3.6.	La Carga de Trabajo.....	33
3.6.1.	Carga Física .....	33
3.6.2.	Carga Mental.....	35
3.7.	Método de la T Pareada .....	36
3.8.	Planeación y Simulación con Ayuda de Bloques LEGO para Procesos Industriales .....	38
4.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	40
4.1.	Materiales.....	40
4.2.	Metodología .....	43
4.2.1.	Procesos Antes del Experimento .....	44
4.2.1.1.	Determinar el Tamaño de la Muestra, Tiempo Básico y Tiempo Estándar.....	44
4.2.1.2.	Selección de Sujetos de Prueba y Organización del Experimento .....	45
4.2.2.	Desarrollo del Experimento y Tratamiento de los Datos Obtenidos .....	45
4.2.2.1.	Desarrollo de la Curva de Aprendizaje.....	45
4.2.2.2.	Recopilación de los Resultados y Limpieza de los Datos Obtenidos..	46
4.2.3.	Análisis de Datos .....	46
4.2.3.1.	Análisis de Significancia de los Datos Obtenidos en el Lóbulo Frontal.....	46
4.2.3.2.	Análisis de Significancia de Todos los Datos .....	46
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
5.1.1.	Procesos Antes del Experimento .....	47



5.1.1.1.	Determinar el Tamaño de la Muestra, Tiempo Básico y Tiempo Estándar.....	47
5.1.1.2.	Selección de Sujetos de Prueba y Organización del Experimento .....	53
5.1.2.	Desarrollo del Experimento y Tratamiento de los Datos Obtenidos .....	54
5.1.2.1.	Desarrollo de la Curva de Aprendizaje.....	54
5.1.2.2.	Recopilación de los Resultados y Limpieza de los Datos Obtenidos..	55
5.1.3.	Análisis de Datos .....	61
5.1.3.1.	Análisis de Significancia de los Datos Obtenidos en el Lóbulo Frontal.....	61
5.1.3.2.	Análisis de Significancia de Todos los Datos .....	81
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	85
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	87
8.	REFERENCIAS.....	89
	ANEXO 1 [CURVAS DE APRENDIZAJE].....	92
	ANEXO 2 [POTENCIAS DE TODOS LOS SUJETOS DE PRUEBA] .....	98
	ANEXO 2 [POTENCIAS DE INDIVIDUALES DE TODOS LOS SUJETO DE PRUEBA] .....	108

## LISTA DE TABLAS

Tabla 5.1 Registro en Excel de los Tiempos de Cada Movimiento de Mano Representados en Segundos .....	47
Tabla 5.2 Tamaño de las Muestras de Todos los Elementos Durante el Ensamble.....	51
Tabla 5.3 Tiempo Normal de Cada Elemento .....	52
Tabla 5.4 Tiempo de ensamble en el alcance de la curva de aprendizaje.....	55
Tabla 5.5 Muestra de Potencias del Primer Lapso de Tiempo Divididas en 14 Canales por Seis Diferentes Frecuencias .....	62
Tabla 5.6 Muestra de Potencias del Segundo Lapso de Tiempo Divididas en 14 Canales por Seis Diferentes Frecuencias.....	63
Tabla 5.7 Potencias Clasificadas en Frecuencias, Período de Tiempo y Lóbulos Cerebrales .....	64
Tabla 5.8 Tablas con la Comparación entre Tiempos y sus $p$ -value .....	67
Tabla 5.9 Tablas de los Valores más Significantes (rojo) y sus $p$ -values.....	83
Tabla 6.1 $p$ -values más Significantes de Todos los Sujetos de Prueba dentro del Lóbulo Frontal .....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Medición de la Acumulación de Factores Estresantes en la Realización de una Cirugía Simulada (Granada, 2018) .....	8
Figura 3.2 Ejemplo de una Señal Medida con ERP (Tyler C. Major, 2014) .....	10
Figura 3.3 Imagen Resultante de una Resonancia Magnética (Estrada M. , 2016) .....	11
Figura 3.4 Ejemplo de una Tomografía por Emisión de Positrones del Cerebro (Estrada M. , 2016).....	12
Figura 3.5 Colocación de la Banda Frente a la Corteza Frontal (Estrada M. , 2016).....	12
Figura 3.6 Herramienta EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004) .....	14
Figura 3.7 Limpieza de Señales con ICA (Chi-Yuan Chang, 2018) .....	17
Figura 3.8 Sistema 10/20 (Tyler C. Major, 2014).....	19
Figura 3.9 Hans Berger (1873-1941) .....	20
Figura 3.10 Representación de 5Hz (Barcelona, 2019) .....	22
Figura 3.11 Ondas Cerebrales (Dattaprasad A. Torse, 2012) .....	22
Figura 3.12 Dispositivo Emotiv EPOC (Tan Le, 2011).....	27
Figura 3.13 Curva de Aprendizaje (Benjamin W. Niebel, 2009) .....	28
Figura 4.1 Laptop Aspire F15 (Acer, 2019) .....	40
Figura 4.2 Software Matlab Ejecutando el Complemento EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004) .....	41
Figura 4.3 Software Emotiv PRO (Tan Le, 2011) .....	42
Figura 4.4 Sistema Emotiv EPOC (Tan Le, 2011) .....	42
Figura 4.5 Caja LEGO con Tres Modelos Diferentes (LEGO, 2019) .....	43
Figura 4.6 Diagrama de Flujo de la Metodología .....	44
Figura 5.1 Formato para Cada Uno de los Participantes del Experimento .....	53
Figura 5.2 Ayuda Visual del Ensamble del Carrito LEGO .....	54
Figura 5.3 Toma y Registro de Tiempos en Excel de Uno de los Sujetos de Prueba.....	55
Figura 5.4 Software Matlab Ejecutando el Complemento EEGLAB de Fondo ( <b>Fuente:</b> EEGLAB) .....	56
Figura 5.5 Ventana con los Datos Principales del Archivo EDF ( <b>Fuente:</b> EEGLAB) ....	56
Figura 5.6 Localización de los Electrodo Dentro del Complemento EEGLAB ( <b>Fuente:</b> EEGLAB) .....	57
Figura 5.7 Componentes más Activos Durante la Elaboración del Experimento ( <b>Fuente:</b> EEGLAB) .....	58

Figura 5.8 Imagen la Cual Representa la Actividad de Dos Componentes, en Dónde se Puede Ver la Diferencia Entre Una Actividad Irregular (izquierda) y Una con Normalidad (derecha) ( <b>Fuente:</b> EEGLAB).....	59
Figura 5.9 Actividad Estadística del Componente Ocho ( <b>Fuente:</b> EEGLAB).....	59
Figura 5.10 Actividad Estadística del Componente 14 ( <b>Fuente:</b> EEGLAB) .....	60
Figura 5.11 Ventana Comparativa Entre el Estudio Antes (rojo) y Después (azul) de la Limpieza ASR ( <b>Fuente:</b> EEGLAB) .....	61
Figura 5.12 Prueba de Normalidad en los Datos de Alfa, en el Lóbulo Frontal del Período de Tiempo “Leo1” ( <b>Fuente:</b> Minitab) .....	66
Figura 5.13 Prueba de Normalidad en los Datos de Alfa, en el Lóbulo Frontal del Período de Tiempo “Leo2” ( <b>Fuente:</b> Minitab) .....	66
Figura 5.14 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje .....	68
Figura 5.15 Gráfica de los Puntos con más Significancia Dentro del Estudio .....	69
Figura 5.16 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para el Sujeto 2 .....	70
Figura 5.17 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 2 .....	71
Figura 5.18 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 3 .....	72
Figura 5.19 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 3 .....	73
Figura 5.20 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 4 .....	74
Figura 5.21 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 4 .....	75
Figura 5.22 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 5 .....	76
Figura 5.23 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 5 .....	77
Figura 5.24 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 6 .....	78
Figura 5.25 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 6 .....	79
Figura 5.26 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 7 .....	80
Figura 5.27 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 7 .....	81

Figura 5.28 Gráfica de Anormalidad en los Datos del Lóbulo Frontal en Alfa ( <b>Fuente:</b> Minitab).....	82
Figura 5.29 Gráfica de Normalidad en los Datos del Lóbulo Frontal en Alfa ( <b>Fuente:</b> Minitab).....	82
Figura 5.30 Potencias con más Significancia .....	84
Figura 6.1 $p$ -values de Todos los Sujetos de Prueba en los Diferentes Lóbulos Cerebrales .....	86

## 1. INTRODUCCIÓN

Es comúnmente mencionado que la mejora continua es fundamental para permanecer dentro del comercio competitivo, pero lo importante es conocer y aplicar de manera adecuada las tácticas y estrategias para llevarlo a cabo.

El predecesor más antiguo en el ámbito industrial para la mejora continua es sin duda el Kaizen; una metodología japonesa cuyas siglas significan: Kai = cambio, Zen = bueno. Este busca el cambio constante tratando de simplificar y eliminar aquellas ideas o procesos que perjudican la producción de un producto. En un principio esto puede sonar a que la terminología busca la perfección, pero el verdadero objetivo es mejorar de poco a poco las técnicas utilizadas, probando diferentes medidas hasta llegar a la optimización deseada. Ahora bien, para comprobar si el método se adecua a las necesidades esperadas se utilizan métodos estadísticos para obtener resultado en un largo plazo, una de las herramientas utilizadas para este fin es la curva de aprendizaje (Abdulgouti, 2018).

La curva de aprendizaje busca que la calidad de trabajo vaya mejorando entre más veces sea repetido un proceso, llegando a encontrar y corregir errores que se vayan presentando, minimizar costos y aumentar la producción; pero en la mayoría de las ocasiones no se toma en cuenta un punto fundamental y es el recurso humano. Durante la curva de aprendizaje los procesos elaborados pueden llevar mucho tiempo en ser terminados y como es un proceso que debe ser repetitivo hasta alcanzar su tiempo estándar, llega a ser monótono, cansado y estresante (Benjamin W. Niebel, 2009).

Algunos de los síntomas provocados por un ambiente de una elevada carga laboral conllevan a problemas musculares y mentales como ansiedad, insomnio o ataques de pánico, así como también dolores de cabeza en los cuales se incluye la migraña y jaqueca e inclusive problemas cardiovasculares (presión alta o incluso llegando a un paro

cardíaco). Según Melgosa (1995), posteriores estudios plantean que no solo las cuestiones laborales causan las anteriores enfermedades, sino también situaciones personales, como por ejemplo un trauma (ya sea provocado por una persona o un desastre natural) y en la mayoría de las veces, independientemente de la acción que esté realizando puede disparar un alto nivel de estrés.

Sin embargo, el desarrollar ciertas actividades permiten controlar estos padecimientos, ya sea con la organización de tiempos (descansos entre intervalos de jornada), evitar la hostilidad ante cualquier situación, tener un pasatiempo (por ejemplo, la lectura), o relacionarse con la naturaleza. Si en otro caso nos referimos a métodos que ayuden a detectar si hay un problema dentro de la organización industrial, pueden utilizarse métodos de monitoreo mediante un sistema de electroencefalograma para medir cómo se comportan las señales emitidas por el obrero, aquí es donde una herramienta llamada Emotiv EPOC.

El Emotiv EPOC, es un dispositivo portátil e inalámbrico, desarrollado por la compañía que lleva el mismo nombre Emotiv. Fundada por la empresa en tecnología, Emotiv (Tan Le, 2011); Este dispositivo cuenta con 14 electrodos los cuales leen las ondas cerebrales y las manda de forma inalámbrica a un software para su estudio o utilización en aplicaciones variadas (conocidas estas últimas como BCI). Descrito por (Muhamad N., 2015) como un mecanismo BCI (Brain Computer Interface, o en su traducción al español como Interfaz cerebro-computadora), aquel que ayuda a leer las señales cerebrales como lo haría un electroencefalograma, con la diferencia que este las puede interpretar para diferentes usos que se le quieran dar con base a una programación; ya sean lecturas cognitivas las cuales especifican los cambios motivacionales de un sujeto en un estado de calma o en condiciones de presión y/o estrés, a un control para simulaciones digitales o electro-mecánicas a distancia.

Los síntomas provocados por un posible exceso de carga laboral pueden ser corregidos antes de llegar a una etapa nociva para la salud, y para esto se realizará un estudio que analizará las señales cognitivas cerebrales. Lo que se pretende lograr con esta investigación es la determinación de las ondas más activas dentro de un proceso de

aprendizaje y observar cómo afectan al desempeño laboral por medio de un electroencefalograma (Emotiv EPOC), aparato inalámbrico con catorce canales que mide las ondas generadas por actividad cerebral (Alfa, Beta, Theta y Delta), a siete personas realizando un ensamble hasta que alcancen el tiempo estándar dentro de una curva de aprendizaje.



## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El rendimiento de una tarea manual mejora a medida que el proceso se repite hasta que se alcanza el máximo rendimiento. Estadísticamente, el aprendizaje se define por una determinada función, es decir, la curva de aprendizaje. Esta investigación se llevará a cabo para determinar el comportamiento de las ondas cerebrales durante el alcance del tiempo estándar en la manufactura de un producto de LEGOS, para determinar las ondas más activas que se presentan al alcanzar la curva de aprendizaje.

### **2.1. Antecedentes**

Dentro del ámbito laboral es indispensable contar con un entrenamiento previo para la realización de un producto, ya sea para la capacitación de un nuevo personal o mejoramiento en un proceso. El único inconveniente es que la actividad de aprendizaje se debe de repetir cierta cantidad de veces hasta que el trabajador pueda desarrollar la tarea asignada de manera eficiente y dentro de un tiempo estándar; esto a consecuencia puede producir fatiga y estrés.

Un estudio realizado por la universidad de Shangai, y presentado por Ndaró y Wang (2018), explica la fatiga presentada durante el entrenamiento de una simulación quirúrgica laparoscópica y monitoreada con un sistema de electroencefalograma llamado BrainLink. Dentro del experimento se utilizaron 20 estudiantes en un rango 24 a 26 años de edad, cada uno sin presentar problemas emocionales, alcoholismo, abuso de drogas, etc. También se contó de que ninguna de estas personas contaran con la experiencia en la utilización de simulaciones quirúrgicas, ya que se iba a llevar a cabo una curva de aprendizaje en donde los sujetos de prueba debían llegar a un tiempo estándar en la realización del proceso. Durante cuatro horas continuas en un cuarto con temperatura

ambiente, los estudiantes desempeñaron la simulación 20 veces, todo esto con la intención de que se presentara la fatiga. Al final de este experimento se pudo concluir que hay un aprendizaje significativo y efectos de fatiga cuando el entrenamiento se repite en una serie de pruebas. Sin embargo, para que la capacitación sea efectiva y eficiente, debe haber un monitoreo para observar en qué punto de la curva de aprendizaje un aprendiz obtiene los máximos beneficios del aprendizaje. Además, la fatiga es un indicador significativo de la eficiencia en términos de tiempo para completar la tarea laparoscópica y la precisión en términos de errores cometidos al realizar la tarea. Aunque los resultados reflejan solo un entrenamiento quirúrgico laparoscópico, los principios también se aplican a los cirujanos durante la operación de pacientes, lo que proporciona algunas lecciones fundamentales dentro del ámbito laboral. Si en otro caso nos referimos a métodos que ayuden a detectar si hay un problema dentro de la organización industrial, pueden utilizarse métodos de monitoreo mediante un sistema de electroencefalograma para medir cómo se comportan las señales emitidas por el obrero, aquí es donde una herramienta llamada Emotiv EPOC.

## **2.2. Definición del Problema**

Dentro del ámbito laboral un trabajador debe de desempeñarse de acuerdo a las exigencias actuales de producción, lo cual conlleva a que sea eficiente, labore a un ritmo predefinido, se adecue rápidamente a cambios necesarios, etc. Por esto mismo es importante que el obrero tenga un entrenamiento para prepararlo a estas situaciones.

El método para medir la eficiencia de un aprendizaje se le conoce como curva de aprendizaje, el cual tiene como objetivo estimar o plasmar los resultados de la enseñanza de un proceso de manufactura. Sin embargo, a veces el proceso para llegar a un estándar puede provocar en el trabajador, a largo plazo, ser más propenso a cometer errores, disminución en la velocidad de producción e inclusive afectando su sistema cognitivo.

Por tal motivo se realizará la captura y comprobación estadística del comportamiento de las ondas cerebrales hasta alcanzar un tiempo estándar, con el fin de encontrar que señales se destacan con más frecuencia durante el entrenamiento realizado por una curva de aprendizaje.

### **2.3. Objetivos**

Alcanzar un mayor entendimiento de los procesos cognitivos (comportamiento de las ondas cerebrales) involucrados en el alcance del tiempo estándar durante la curva de aprendizaje para la manufactura de un producto con LEGOS, coadyuvará a la futura implementación de procesos eficientes de manufactura que utilizan tareas repetitivas.

### **2.4. Preguntas de Investigación**

1.- ¿Cuáles regiones del cerebro y cuales ondas cerebrales presentar un mayor nivel de significancia, al alcanzarse el tiempo estándar durante la curva de aprendizaje para la manufactura de un producto con LEGOS?

### **2.5. Hipótesis**

1.- Utilizando un electroencefalograma portátil que consta de 14 electrodos de bajo costo, en conjunto con técnicas procesamiento de señales y técnicas estadísticas, es posible determinar en qué parte del cerebro existe una mayor actividad de ondas cerebrales e identificar también cuales ondas presentan mayor nivel de significancia al ensamblar un carro de 122 piezas de Legos, para alcanzar el tiempo estándar durante la curva de aprendizaje.

## **2.6. Justificación**

Hoy en día se requiere una mejor capacitación para ocupar o mantener un puesto laboral que satisfaga nuestras necesidades. La elaboración de un nuevo producto o modificación de un proceso siempre es un problema que implica cambiar algunos procesos dentro de una línea de producción y por su puesto es necesario un nuevo aprendizaje. El problema que conlleva esto, en algunos casos, son las dificultades de entrenamiento, volumen y ritmo del trabajo, condiciones salubres, alto nivel de responsabilidad, entre otras circunstancias similares. Gracias a investigaciones previas se puede entender que dichas situaciones a largo plazo pueden llegar a afectar inclusive la salud del trabajador y por lo tanto la calidad laboral. Por lo tanto, con esta investigación se pretende determinar que regiones cerebrales son afectadas en la elaboración de un producto con conocimiento nulo de su elaboración e identificar en qué momento del aprendizaje surgen más cambios significativos.

## **2.7. Delimitaciones**

El tiempo que se tiene estimado para este proyecto será un plazo de dos años y medio, tiempo que dura el curso de maestría.

La investigación se llevará a cabo en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

Se dispondrá del sistema Emotiv EPOC, el software Emotiv PRO los cuales fueron otorgados por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, junto con un equipo de cómputo que soporte el mismo.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Neuroergonomía**

##### **3.1.1. Antecedentes y Estudios Realizados**

La neuroergonomía se define como la ciencia que estudia al cerebro y el ambiente laboral en el que se encuentra expuesto, este se concentra en la investigación de las bases neuronales como la perceptual y la cognitiva, ya sea por escuchar, recordar, decidir o planear la relación entre la tecnología utilizada en el mundo real. Los cimientos del término fueron erigidos por el psicólogo Daniel Kahneman (1973), en los cuales el estudio la dilatación de la pupila como un indicador de la sobrecarga mental de un individuo mientras realiza un trabajo cognitivo complejo (Kahneman, 1973).

Después de los hechos previos, Lorits M. Monicque (1962), realizó sus propios estudios acerca del estrés mental, tanto como sus consecuencias como sus efectos en la red neuronal durante la realización de una tarea en específico. Él determinó que después de dos horas de continuo trabajo, la mente puede llegar al punto del estrés.



Figura 3.1 Medición de la Acumulación de Factores Estresantes en la Realización de una Cirugía Simulada (Granada, 2018)

Otro estudio previo se realizó en donde se implicaba que este tipo de situaciones también afectaba otras tareas de realización cotidiana, un ejemplo muy común es la conducción, en donde el estrés puede llegar a tal extremo que provoca accidentes automovilísticos; este análisis se llevó a cabo por el Dr. Ashley Craig en el año del 2006 (Monique M. Lorista, 2009).

Y por último en otro análisis más moderno llevado a cabo en el año del 2013, por Masaaki Tanaka, Akira Ishii, y Yasuyoshi Watanabe, trataron de explicar la estructura neuronal exponiendo a varios sujetos de pruebas (a doce en total) a una prueba que causará gran fatiga y realizaron mediciones de las señales emitidas mediante un magnetoencefalograma (MEG) durante un plazo de 10 minutos como se muestra en la figura 3.1. La prueba consistió en maniobrar una agarradera con la mano derecha. Después del segundo día del experimento se llegó a notar la fatiga y entumecimiento en dicha mano utilizada (Tanaka, Ishii, & Watanabe, 2013).

### **3.1.2. Métodos Utilizados en la Neuroergonomía**

La Neuroergonomía estudia la relación entre el hombre y su medio ambiente laboral, las cuales implican maquinaria, movimientos de algunas partes del cuerpo o medio ambientales que este se expone en su día a día. Para la medición de estas situaciones existen diferentes herramientas y se dividen en dos grupos; dentro del primer grupo estas señales se miden por medio de indicadores directos, ya sea por medio de un electroencefalograma (EEG) o potencial relacionado con eventos (ERP); otros que miden de manera indirecta estos factores son, las imágenes de resonancia magnética (fMRI), tomografías por emisión de positrones (PET), o una espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIR):

#### **1. Potenciales Relacionados con Eventos (ERP)**

Esta herramienta utiliza registros de actividad eléctrica cerebral los cuales son obtenidos mediante una estimulación continua de una vía sensorial, cognitiva o motriz.

Las actividades medidas se representan en pequeñas señales de voltaje que ocurren en una alta resolución de tiempo. Esto hace que la lectura sea más precisa en cuanto a los cambios eléctricos generados por el cerebro, se muestra en la figura 3.2 (Parasuraman & Rizzo, 2007).

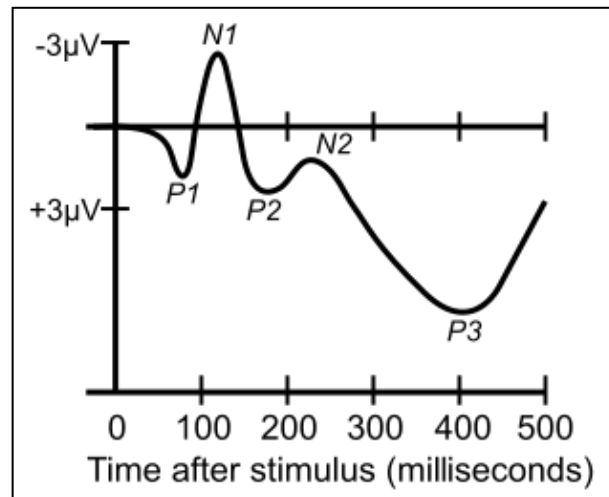


Figura 3.2 Ejemplo de una Señal Medida con ERP (Tyler C. Major, 2014)

## 2. Imágenes por resonancia magnética funcional (fMRI)

Este sistema mide los cambios producidos en el flujo sanguíneo en el cerebro. Su utilización va desde la exanimación anatómica, evaluación de efectos de un derrame, detección de tumores, entre otros, se muestra en la figura 3.3. Su funcionamiento se basa en un campo magnético, pulsos de radiofrecuencia y un equipo de cómputo para la creación de imágenes. Además de la detección de enfermedades, también se utiliza para la determinación exacta de cualquier parte del cerebro que esté funcionando de acuerdo con una función, como por ejemplo el habla, movimientos de extremidades, e inclusive las sensaciones (Boas, Dale, & Franceschini, 2004).

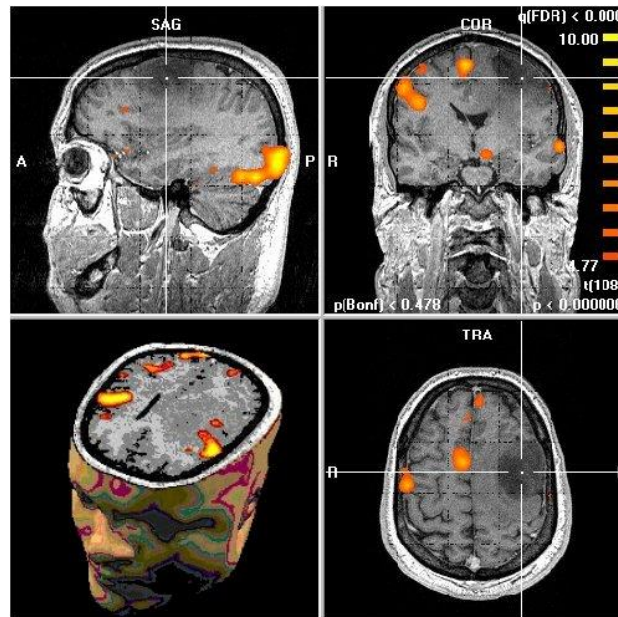


Figura 3.3 Imagen Resultante de una Resonancia Magnética (Estrada M. , 2016)

### 3. Tomografía por emisión de positrones (PET)

Esta tomografía utiliza pequeñas cantidades de material radioactivo, los cuales llevan por nombre radiosondas; esto junto con una cámara especializada para el examen, escanea las funciones de los órganos y tejidos, además de ayudar en la detección de cáncer, infecciones, tamaños anormales, y hasta el mismo funcionamiento de todos los órganos, se muestra en la figura 3.4. Este análisis, aunque pareciera tener cierta semejanza a una fMRI, la diferencia es que este marca con mayor detalle el flujo sanguíneo que viaja desde los órganos hasta el cerebro. Se puede utilizar para la detección de enfermedades como epilepsia, si el flujo sanguíneo es normal, o la función cerebral.



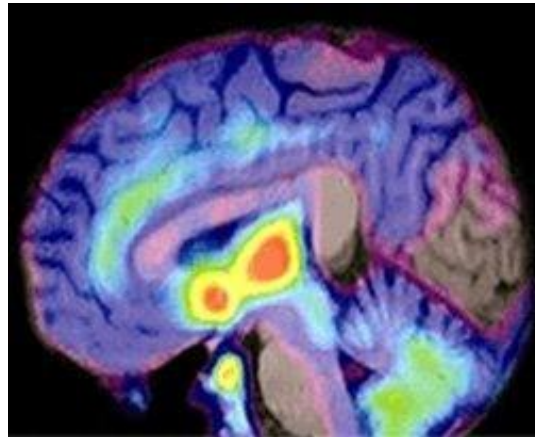


Figura 3.4 Ejemplo de una Tomografía por Emisión de Positrones del Cerebro (Estrada M. , 2016)

#### 4. Espectroscopia Funcional del Infrarrojo Cercano (fNIR)

Un análisis fNIR utiliza una radiación electromagnética en forma de ondas. Su funcionamiento se basa en una luz infrarroja la cual es captada por las áreas cerebrales más activas, mientras que las menos activas son captadas de manera diferente por esta luz, como se muestra en la figura 3.5. Este examen ofrece la monitorización en tiempo real del cerebro mientras se realiza un trabajo o es estimulado. Gracias a esto se puede encontrar si el sujeto está prestando atención a lo que está realizando y como se verá sujeto a pruebas que lo pueden llevar a una fatiga (Boas, Dale, & Franceschini, 2004).

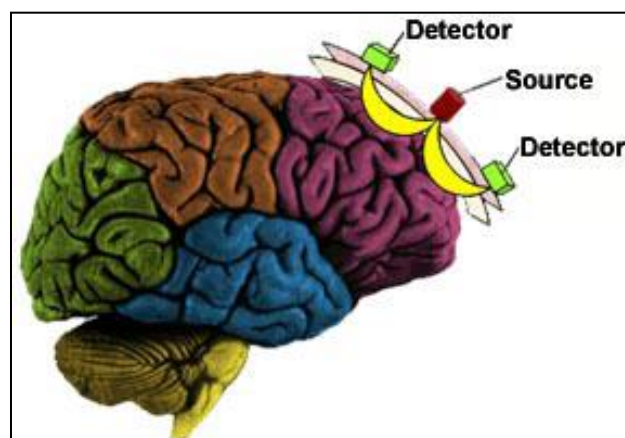


Figura 3.5 Colocación de la Banda Frente a la Corteza Frontal (Estrada M. , 2016)

## 3.2. Lóbulos Cerebrales

El cerebro tiene la función de proporcionar la actividad y el control nervioso que comprende todo lo que es un ser vivo. Para esto, se necesita mantener la comunicación con todo el organismo con la ayuda de la medula espinal, la cual se ramifica y se extiende por todos los órganos y demás partes del cuerpo. El cerebro produce señales para dar las órdenes, estas se generan por medio de impulsos eléctricos, que aunque solo lleguen a tener una medida de micro voltios ( $\mu\text{V}$ ) son más que suficientes para viajar por todo el sistema nervioso.

Dentro de la corteza cerebral existen diferentes divisiones que se clasifican en distintas partes, lóbulos; estos tienen el objetivo de dirigir ciertas funciones que realizamos de manera cotidiana.

**Lóbulo frontal:** este se ubica delante del cerebro, tiene la función de manejar todas las decisiones de razonamiento y de la velocidad de procesamiento de cualquier trabajo que se esté realizando en el momento.

**Lóbulo temporal:** localizado en las sienas, cumple con el objetivo de la memorización de fuentes auditivas, así como también del sentido del equilibrio, el cual nos permite caminar sin caer.

**Lóbulo parietal:** ubicado detrás del lóbulo frontal y además activándose en algunas ocasiones cuando lo hace éste; tiene la función de la percepción sensorial, como lo es el tacto. Tiene alta presencia cuando existe dolor o la persona se encuentra en alguna postura que le cause incomodidad.

**Lóbulo occipital:** Ligado al lóbulo temporal, se encarga de la retención visual de una imagen, en pocas palabras es el encargado de ayudarnos a ver (Paffen, 2015).

### 3.3. Lectura de Señales para la Medición de las Ondas Cerebrales

Para un análisis de los diferentes generadores de estrés existentes es fundamental tener el equipo necesario para la captura y evaluación de los datos obtenidos. Una opción flexible es el software MATLAB (The Mathworks, Inc.), el cual cuenta por si solo con una variedad de herramientas en la lectura de señales, patrones, frecuencias, etc. Pero en casos opcionales de realizar un experimento más concreto, MATLAB ofrece la facilidad de instalación de complementos creados por terceros.

EEGLAB es una herramienta desarrollada por el centro, Swartz Center for Computational Neuroscience (SCCN) ubicada en la Universidad de California San Diego (UC San Diego), el cual permite procesar la información obtenida por un sistema de electroencefalograma y poder interpretarlo en un análisis mejor detallado, como se muestra en la figura 3.6.

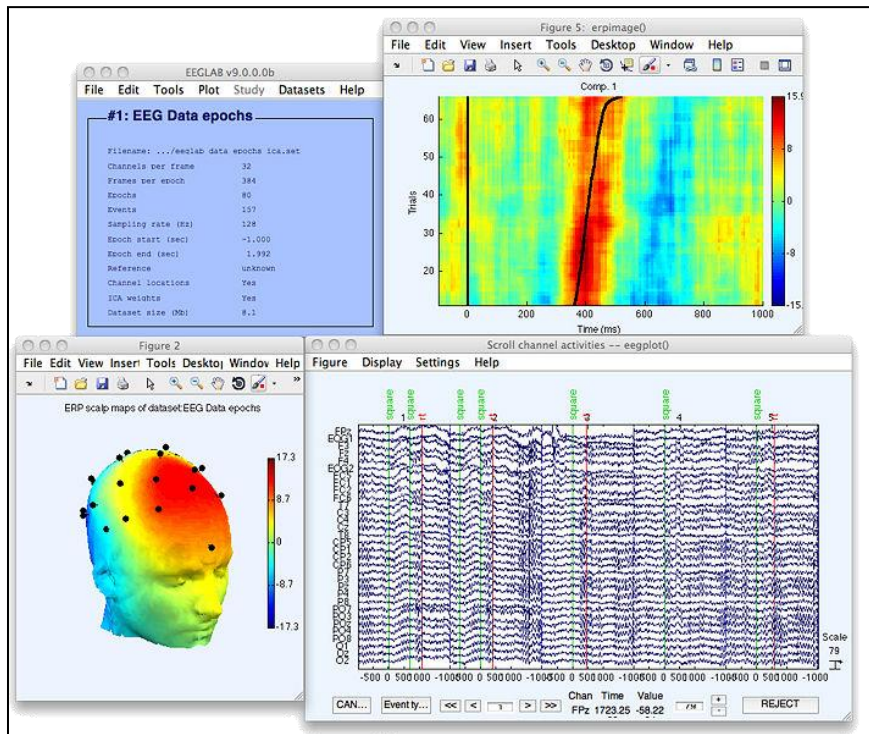


Figura 3.6 Herramienta EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004)

Algunas de las características que representa la herramienta EEGLAB es la flexibilidad de uso, desde los formatos que acepta para la lectura de datos, hasta la utilización que queramos hacer con estos, ya sea conseguir una conversión, extracción de datos específicos, e inclusive filtrar señales que interfieren en la lectura deseada. (Delorme & Makeig, 2004).

### **3.3.1. Eliminación de Artefactos en Señales**

El electroencefalograma (EEG) cumple un papel muy importante en la lectura de señales neuronales, ya sea para monitoreo, detección de enfermedades, o simplemente para el uso de algún sistema controlado por dichas señales por medio de la interface computadora-cerebro (BCI). Pero no es tan simple la lectura, ya que las señales eléctricas provocadas por el cerebro son demasiado débiles y por lo tanto respuestas eléctricas como lo es la actividad muscular (EMG), o movimiento de los ojos (EOG), puede provocar un ruido que puede mermar la información obtenida del electroencefalograma. Han existido varios métodos para la filtración de señales, entre ellas el Blind Signal Separation (BSS), el cual identifica las señales de fuentes independientes (Ej. EMG, EOG y EEG), las analiza y reconstruye la información excluyendo la actividad que provocaba el ruido en los datos. Otro método conocido es el Independent Component Analysis (ICA) el cual actúa de igual manera basándose en el método BSS, separando las señales que no son deseadas de la data obtenida (Chi-Yuan Chang, 2018).

#### **3.3.1.1. Método de Análisis de Componentes Independientes (ICA)**

El método de análisis de componentes independientes se refiere a una clase de algoritmos que se ejecutan independientemente para aplicar una separación de señales en una fuente.

El análisis ICA es un análisis más amplio de la separación ciega de fuentes (BSS) que consiste en obtener las señales originales de un proceso a partir de una mezcla de dichas señales. Este pretende analizar los diferentes componentes neuronales generados

en el cerebro, a partir de las señales registradas mediante sensores sobre la superficie de la cabeza, como se muestra en la figura 3.7. Los algoritmos ICA parten de varios supuestos: 1) las fuentes originales son temporalmente independientes 2) la mezcla es lineal, sin retardos e invariante en el tiempo.

La formulación de un proceso ICA se puede representar de la siguiente manera: Sea  $s(t)=[s(t) \ s(t) \ \dots \ s(t)]$  un conjunto de  $M$  fuentes independientes y sea  $x(t)=[x(t) \ x(t) \ \dots \ x(t)]$  el conjunto de  $N$  señales observadas en los sensores. Suponiendo una mezcla lineal, sin retardos e invariante en el tiempo, las señales  $x(t)$  se pueden expresar como:

$x(t) = As(t)$ , donde  $A$  es la matriz de mezcla. El análisis de componentes independientes trata de conseguir un conjunto de señales  $y(t)=[y(t) \ y(t) \ \dots \ y(t)]$  que sea una estimación de las señales  $s(t)=[s(t) \ s(t) \ \dots \ s(t)]$  a partir de las señales observadas:

$y(t) = Bx(t)$ , donde  $B$  es la matriz de recuperación, que se calcula de modo que se maximice una función de contraste  $F(Y)$ , que en un sentido estadístico, es una medida de la independencia de las señales  $y(t)$  (Chi-Yuan Chang, 2018).

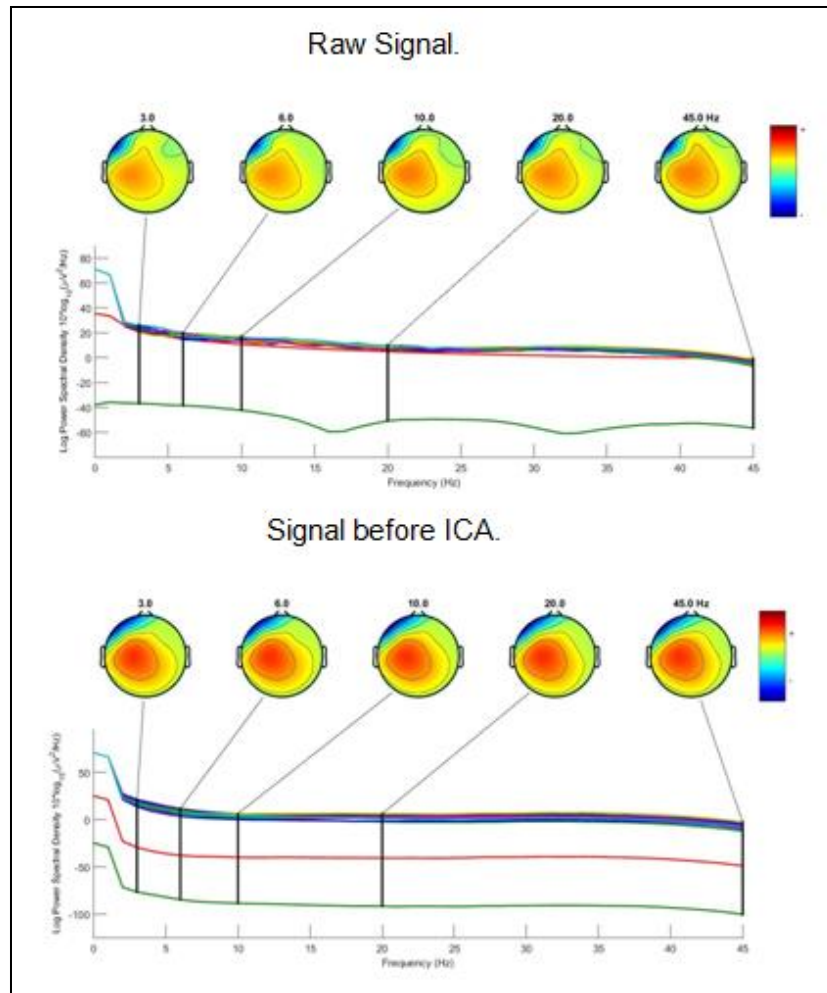


Figura 3.7 Limpieza de Señales con ICA (Chi-Yuan Chang, 2018)

### 3.3.1.2. Método Artifact Subspace Reconstruction (ASR)

La reconstrucción subspectral de artefactos (ASR), es un método que cual trabaja en línea y en tiempo real, cuyo objetivo es el de remover los artefactos transitorios o de larga amplitud generados al realizar una lectura de señales cerebrales.

Los diferentes pasos que realiza este método son los siguientes: primeramente, de manera automática el ASR selecciona una porción limpia dentro del estudio, el cual utilizará como referencia para la limpieza; para esto el método tendrá un rango de lectura, en donde cada segundo analizará todo el estudio hasta encontrar dicha porción con el rango deseado. Lo siguiente es identificar que señal no coincide con la muestra obtenida,

por lo cual realiza un cálculo de matrices cada cierto tiempo dentro del rango del estudio, permitiéndole encontrar los artefactos que no coinciden con la referencia. Al terminar este paso se procede a la descomposición de los segmentos que interfieren con la lectura cerebral, y por último se reconstruye el análisis descartando las partes que interferían con el estudio.

Algunos estudios realizados para probar la veracidad de este método es utilizando primeramente el ICA para posteriormente proceder con el ASR, todo esto para ver de manera más clara si la separación de artefactos se logró con éxito y tener un punto de vista más claro de si se logró el objetivo deseado (Chi-Yuan Chang, 2018).

### **3.4. Electroencefalograma**

Según Nagel (2001), un electroencefalograma es el análisis o registros de la actividad eléctrica global del cerebro, permitiendo detectar todo tipo de trastornos o evaluar los comportamientos de un sujeto. Las señales son captadas por medio de electrodos que son situados en lugares específicos sobre el cuero cabelludo. Estos detectan los pequeños impulsos cerebrales y son amplificados para después ser representados de forma visual en una pantalla o sobre un papel.

Esta herramienta es muy útil para diagnosticar y controlar enfermedades o monitorear estados mentales. Algunas de estas enfermedades son la epilepsia, también trastornos de sueño o inclusive cambios anormales en el comportamiento.

#### **3.4.1. Utilización y Modo de Uso**

Antes de realizar un análisis de ondas cerebrales, el paciente debe de estar sentado o recostado según la situación lo amerite. Después se hace la aplicación de un gel capilar para permitir una mejor conducción de la electricidad y por tanto mejorar la precisión de

los electrodos. Normalmente el número de electrodos colocados es de veintinueve, esto permite tener un correcto monitoreo de la actividad del sistema nervioso.

La colocación de los electrodos se basará en el sistema de 10/20, esto consiste en formar una distancia equidistante en donde se separan entre un 10 a 20% de los ejes del encéfalo, como se muestra en la figura 3.8. Además, el montaje puede ser de manera bipolar o monopolar, este último comprende a la utilización de 2 diferentes juegos de electrodos en los hemisferios.

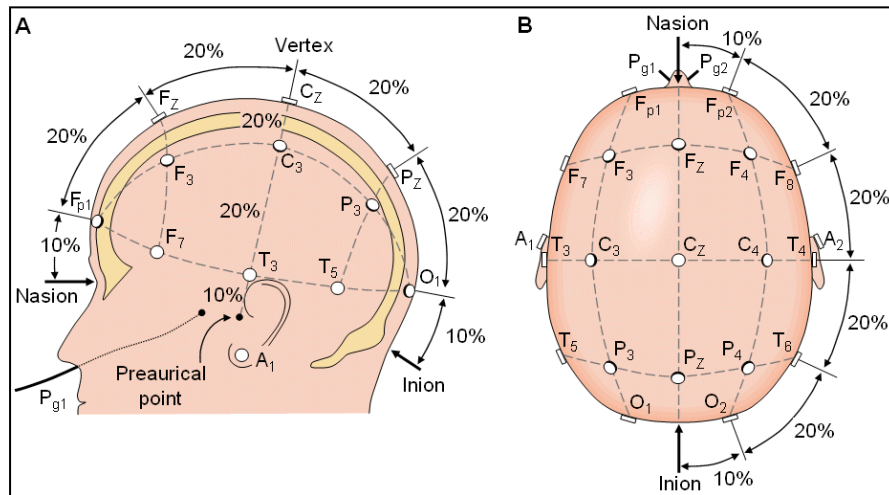


Figura 3.8 Sistema 10/20 (Tyler C. Major, 2014)

Colocados los electrodos, se procede con el registro de las señales, para esto el paciente deberá de realizar algunos ejercicios, tales como abrir y cerrar los ojos o hiperventilarse, todo esto para provocar una estimulación a las actividades cerebrales (Siuly, Li, & Zhang, 2016).

### 3.4.2. Origen del Electroencefalograma

El doctor Hans Berger (1873-1941), es considerado el padre de la electroencefalografía. En sus investigaciones comenzadas desde el año 1902, pudo comprobar la actividad eléctrica en pruebas con animales. Él trabajó con mucha discreción en sus investigaciones, hasta que en el año de 1924 durante una operación



neuroquirúrgica en un joven de 17 años, utilizó por primera vez el electroencefalograma, se muestra en la figura 3.9. En el año de 1929 se dedujeron los términos de las ondas alfa y beta. Lamentablemente el bajo reconocimiento de las investigaciones de Berger, la segunda guerra mundial y el nazismo, le provocó una depresión grave llevándolo al suicidio. Ahora bien, aunque a él se le consideró el creador, hubo varias personalidades que mucho antes que él habían iniciado investigaciones acerca de esto.

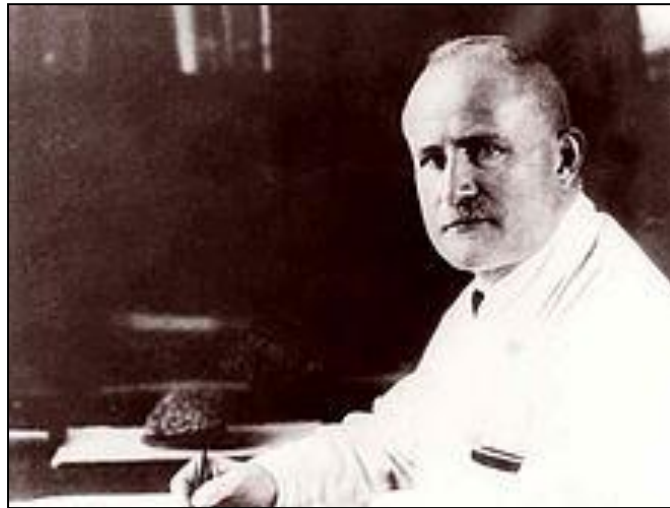


Figura 3.9 Hans Berger (1873-1941)

En el año de 1780 el italiano Luigi Galvani (1737-1798), hizo sus primeras publicaciones acerca del comportamiento eléctrico en animales, comprobando esto con la disección de ranas, este se dio cuenta que los nervios de las patas de la rana al ser tocadas con el bisturí reaccionaban con pequeñas sacudidas. Galvani llegó a la conclusión acerca de esto, indicando que las ancas de la rana estaban cargadas eléctricamente, de forma positiva en el interior y de negativa en el exterior de estas, esto a través del contacto con la parte metálica y el contacto con los nervios provocaba las sacudidas, esto lo llamó "electricidad animal Intrínseca". En años siguientes siguió recopilando información de acuerdo con la naturaleza eléctrica en actividades musculares, e inclusive publicó en el año de 1791 su obra llamada "Comentario sobre las fuerzas eléctricas que se manifiestan en el movimiento muscular". Este fenómeno, provocado por las señales que eran emitidas por los nervios interesó a otros.

Emil du Bois Raymond (1818-1896), científico alemán investigó que los peces eran capaces de emitir ciertas señales eléctrica. Esto lo llevó a estudiar las fibras musculares, y en 1843 descubrir que aplicando estimulaciones electro-pulsativas a la superficie de estas membranas nerviosas crearía un impulso que viajaría y causaría una onda negativamente relativa.

No fue hasta en el año de 1875 que Richard Caton (1842-1926), un psicólogo inglés y profesor de filosofía en la Escuela Real de Medicina de Liverpool, desarrollo las primeras descripciones de la existencia de actividad eléctrica en el cerebro. Influenciado por Edouard Hitzig y Gustav Theodor Fritsch los cuales demostraron evidencia de estas mismas estimulaciones eléctricas dentro de cerebros de caninos. Esto le hizo sostener una hipótesis, de que los estímulos periféricos provocaban respuestas cerebrales y por tanto esto lo ayudó para poder financiarse en la Asociación Británica de Medicina. En el año de 1887, Caton reportó sus hallazgos en el Noveno Congreso de Medicina Internacional en Washington D.C. Indicó que cuando bloqueaba la luz que entraba dentro del ojo de un perro, se detectaban variaciones negativas en la actividad cerebral, y no solo eso, sino que esta actividad se presentaba en el lado opuesto del cerebro donde se encontraba el ojo tapado.

Después del suicidio de Berger y años después, Forester y Altenburger en 1935, fueron los primeros en registrar actividad cerebral, utilizando electrodos en la corteza (Sánchez & Palacios, 1999).

### **3.4.3. Ondas Cerebrales**

El cerebro produce impulsos eléctricos los cuales viajan a través de las neuronas. Estos impulsos son llamados ondas cerebrales. Estos producen diferentes patrones que pueden ser leídos e interpretados por un electroencefalograma, y son producto de los diferentes estados de conciencia, como por ejemplo la concentración intensa, estados de alerta que se relacionan a las actividades que hace una persona cuando se encuentra

despierta, o inclusive en el sueño profundo cuando se experimentan sueños vividos o pesadillas, también en un estado de relajación, o de alta alteración.

Las ondas cerebrales son representadas como frecuencias las cuales se miden por medio de ciclos por segundo o Hertz (Hz). Esto significa que, si la frecuencia de una onda es de 5Hz, dentro de una gráfica esta se representaría como cinco ciclos en el tiempo de un segundo, como se muestra en la figura 3.10.

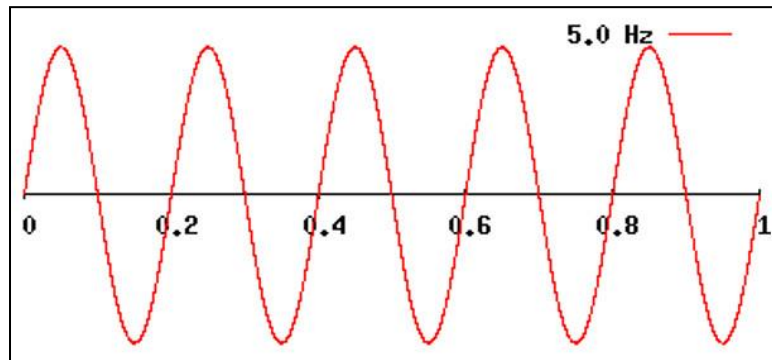


Figura 3.10 Representación de 5Hz (Barcelona, 2019)

Para la identificación de los diferentes comportamientos de estados de ánimo, existen cuatro señales principales de ondas cerebrales: alfa, beta, theta, delta y gamma, como se muestra en la figura 3.11.

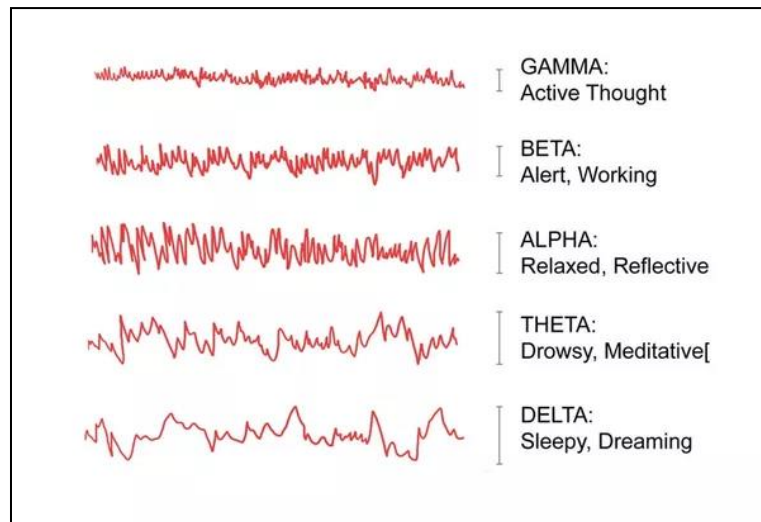


Figura 3.11 Ondas Cerebrales (Dattaprasad A. Torse, 2012)

### 1. Ondas Alfa

Esta señal es representada cuando hay escasa actividad cerebral y un estado de relajación. Particularmente estas tienden a ser más lentas y con una amplitud más grande. Su frecuencia va entre 8 y 13 Hz. Un ejemplo de esta señal es cuando se termina una actividad y posteriormente se toma un descanso.

### 2. Ondas Beta

Estas ondas surgen cuando se está despierto hay una gran actividad mental en la persona. Sus señales son más amplias y las más rápidas de las otras 4. Su frecuencia es de 14 a 30 Hz. Estas se presentan cuando hay mucha actividad mental, véase por ejemplo el estar dando una exposición, resolviendo un problema matemático, etc.

### 3. Ondas Theta

Las ondas Theta se ven cuando se tiene un estado de calma profunda, pero no dormida. Su frecuencia es muy baja, va desde 4 a 7 Hz. Sus señales suelen tener mayor amplitud. Un ejemplo de esto es cuando se sueña despierto, se realizan alguna o varias tareas de manera automática y suele perder la noción del tiempo mientras las hace, comúnmente se les dice a este tipo de persona "su mente está en las nubes".

### 4. Ondas Delta

Las ondas Delta representan sueño profundo, estas son las más bajas en frecuencia y con mayor amplitud. Su frecuencia puede llegar a 0.5 a 3 Hz.

### 5. Ondas Gamma

Por último, las ondas Gamma se ven presentes en el comportamiento de la percepción, la capacidad de recopilar nueva información a nuestro alrededor, e incluso están muy relacionadas a la felicidad, ya que al haber dicha emoción las ondas gamma se hacen presentes. Su frecuencia es la más alta entre todas, ya que cuenta con un rango de 25 a 100Hz.

Al irnos a dormir las ondas cerebrales pasan por todas las señales antes mencionadas, desde Beta hasta llegar a Delta (Hall, 2016).

### **3.4.3.1. Estados Cognitivos Representados en las Ondas Cerebrales**

Es evidente que gracias a las ondas cerebrales y por medio de un sistema de electroencefalograma para su lectura se ha logrado reducir y detectar a tiempo síntomas que pueden provocar consecuencias a largo plazo.

Las ondas delta son predominantes en cuando a sueño profundo se refiere, pero eso no es todo lo que en si representan; también, al mantener el cuerpo relajado se tiende a tener una mayor concentración, un ritmo cardiaco calmado, e inclusive una mejor digestión.

Las ondas theta representan una frecuencia un poco más elevada que las ondas delta; estas representan momentos de relajación y meditación, más comúnmente cuando la mente se encuentra sumergida en pensamientos de reflexión hasta el punto de llegar a desconectar la concentración de una persona de alguna tarea que esté realizando; el exceso de presencia de estas señales pueden ser síntomas de depresión, y si al contrario hay muy poca actividad de estas, puede significar que el sujeto este en un estado de estrés o ansiedad. Otra onda relacionada a la mencionada es la alfa que aunque incrementa su frecuencia también representa un estado de calma, pero al contrario de las ondas theta, esta se representa cuando estamos relajados, ya sea sentado en el sofá, e inclusive si realizamos una caminata agradable por el parque; la presencia excesiva de esta onda puede ser síntoma de una persona despistada o que se le dificulta hacer una tarea por flojera y una falta de estas son indicadores de que el sujeto sienta ansiedad, estrés, e inclusive insomnio. Cabe aclarar que las ondas alfa en las regiones del lóbulo frontal pueden provocar ansiedad, sin embargo, cuando están presentes en el área occipital significan que hay relajación.

Las ondas beta son sinónimo de actividad, son las que representan la realización de una tarea, resolución de problemas, e inclusive estar pendientes de varias situaciones al mismo tiempo; pero el exceso de estas pueden ser una señal de que una persona se encuentra bajo presión, y por tanto provocar estrés y fatiga en el sujeto, y al contrario, si el nivel de estas es bajo significa que hay relajación y tranquilidad, hasta inclusive puede

ser que la persona este deprimida. Las ondas gamma son representación de hiperactividad y alta percepción cognitiva, un alto nivel de estas puede significar una situación de mucha presión, provocando estrés y ansiedad, mientras que su poca presencia implica relajación y calma (Lladó, 2018).

#### **3.4.4. Tipos de Electroencefalogramas**

Al querer realizar un diagnóstico de enfermedades o monitorear comportamientos en especial, se debe de tomar en cuenta de que existen más de un tipo de EEG (electroencefalograma). Por tanto, cada uno de estos debe ser solicitado con respecto a las características del paciente. Entre la variedad de tipos de EEG existen:

1. EEG estándar

En este tipo de EEG, el paciente se debe de encontrar en reposo mientras realiza actividades motoras básicas, como parpadear e hiperventilación, también se recomienda que, con anterioridad a la prueba, la persona se haya alimentado y también haber dormido con normalidad. La duración de este examen puede durar aproximadamente 30 minutos.

2. EEG con privación de sueño

La realización de este examen consiste que el paciente haya sido privado del sueño toda la noche. Este puede y se recomienda ser aplicado en jóvenes mayores de 15 años, si la privación va a ser de aproximadamente 24 horas. Para menores de edad, se recomienda que esta prueba sea realizada con sueño, o en su defecto bajo efectos de un sedante. La duración de este examen es de unos 45 minutos, aunque este se puede extender de una a dos horas, según sea el caso.

3. EEG poligráfico

Para este examen se colocan electrodos adicionales en el cuerpo para detectar actividades musculares, e inclusive una banda respiratoria según el diagnóstico que sea solicitado. Este tipo de exámenes son regularmente aplicados a menores de un mes.

#### 4. EEG de 24 horas

Este examen es realizado a niños mayores a los 5 años de edad. Para la preparación del análisis se utilizan electrodos con pasta de mayor duración y arriba de estos se coloca una malla. En este EEG el paciente se le es mandado a su casa mientras realiza sus actividades de la vida cotidiana, mientras anota todos los sucesos que le pasaron en dichas tareas.

#### 5. EEG en una hospitalización

En este tipo de monitoreo se puede llevar un tiempo de 30 minutos, hasta un extenso tiempo de 5 días. Todo esto dependiendo de la enfermedad o situación en la que se encuentre el paciente (P & D, 2013).

### **3.4.5. Emotiv EPOC**

La banda inalámbrica Emotiv EPOC, se desarrolló por Tan Le y el Doctor Geoff Mackellar en el 2011, en San Francisco, Estados Unidos de América; el dispositivo es un sistema de electroencefalografía que cuenta con 14 electrodos el cual va montado sobre la cabeza. Este graba la actividad de las ondas eléctricas del cerebro y las manda por medio de una señal de Bluetooth a una computadora para su posterior análisis.

Las aplicaciones de este sistema son variadas, ya sea para uso industrial o personal. Su uso va desde el monitoreo cognitivo de las emociones u otras condiciones psicológicas, el manejo de sistemas virtuales como sistemas de simulación interactivos o videojuegos, controlar sistemas inalámbricos como drones o coches de control remoto, etc.

Este sistema cuenta con su propio software el cual se vincula con el dispositivo Emotiv EPOC, el cual se muestra en la figura 3.12, diseñado por la misma compañía. El programa cuenta con las especificaciones de analizar las señales en tiempo real, además de grabarlas en un formato para su posterior utilización en el mismo o en otro software.

Puede realizar análisis rápidos de las ondas cerebrales (alfa, beta, theta y delta) y graficarlos según convenga el caso. (Tan Le, 2011)



Figura 3.12 Dispositivo Emotiv EPOC (Tan Le, 2011)

### **3.5. Estudio del Trabajo**

Dentro de la industria es indispensable tener las medidas adecuadas para que el producto finalizado cuente con la calidad que se espera y requiera el cliente, pero para poder obtener dicho aspecto es necesario que el trabajo realizado sea eficiente para lograr ese cometido. El estudio del trabajo es la utilización de métodos y medidas para optimizar e incrementar la producción, teniendo en cuenta el factor humano (Niebel, 2005).

#### **3.5.1. Curva de Aprendizaje**

Cuando se contrata un nuevo operario o se implementan nuevas técnicas dentro de la producción, es necesario saber cuánto tiempo este tardará en dominar aunque sea sólo una parte del proceso. Por su puesto alcanzar la manipulación correcta puede llevar horas e incluso semanas; esto es determinado con una curva de aprendizaje, en donde se mide



el tiempo de la primera manipulación del proceso contra las veces que este tarda en completarlo, entonces cuando la línea llega a ser plana se dice que el operador acaba de alcanzar el aprendizaje óptimo el cual vendría siendo su tiempo de ciclo normal, tal como se muestra en la figura 3.13 (Benjamin W. Niebel, 2009).

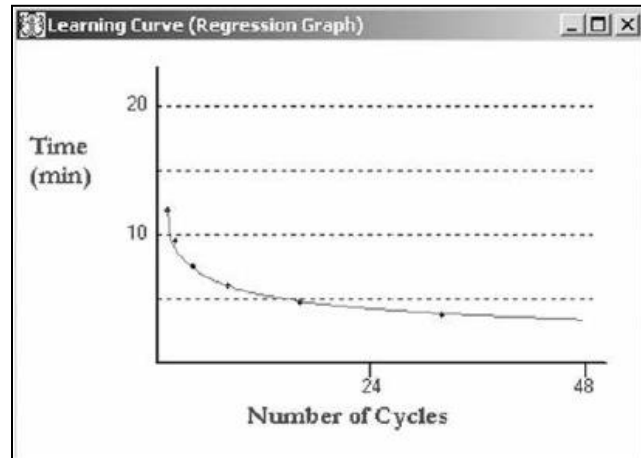


Figura 3.13 Curva de Aprendizaje (Benjamin W. Niebel, 2009)

### 3.5.2. Fundamento Matemático y Diseño (Niebel, 2005)

Para poder determinar el tiempo por ciclo dentro de la curva de aprendizaje son necesarias ciertas ecuaciones:

$$Y = KX^{-A} \text{ (ecuación 1)}$$

Dónde Y = tiempo por x ciclo.

K = tiempo del primer ciclo.

X = número de ciclos.

A = una constante para cualquier situación dada cuyo valor es determinado por el régimen del aprendizaje (también puede ser expresada como  $\log_2 B$ , donde B es el porcentaje de la disminución de la curva).

Ahora bien, si se obtienen logaritmos en ambos lados de la ecuación  $Y = KX^{-A}$ , entonces se obtiene una recta:

$$\log Y = \log K - A \log X \text{ (ecuación 2)}$$

Dado esto, entonces podemos interpretar que A sería la pendiente y K la intersección. La situación con esta ecuación es que cada vez que el número de ciclos (X) se duplique referente al anterior ciclo, el tiempo por x ciclo disminuirá en cierto porcentaje. Concluyendo esto podemos decir que a medida que aumenta la cantidad de unidades producidas, el régimen de aprendizaje respecto al tiempo de ciclo disminuye.

Para poder saber el tiempo medio por ciclo desde la primera unidad hasta la unidad x, es necesario despejar la ecuación de  $KX^{-A}$  de la siguiente manera:

$$TMC = \frac{\int_{N_1 - \frac{1}{2}}^{N_2 + \frac{1}{2}} KX^{-A}}{(N_2 + \frac{1}{2}) - (N_1 - \frac{1}{2})} \text{ (ecuación 3)}$$

Al despejar obtenemos:

$$= \frac{K[(N_2 + \frac{1}{2})^{1-A} - (N_1 - \frac{1}{2})^{1-A}]}{(1-A)(N_2 - N_1 + 1)} \text{ (ecuación 4)}$$

Dónde K = tiempo del primer ciclo.

$N_1$  = Primera unidad

$N_2$  = Unidad x

En algunas situaciones podemos tener una planeación en cuanto al tiempo estándar (S) que deberá tener el proceso el cual se va a analizar, por tanto, tener la estimación de cuánto tiempo estimado se tomará hasta que eso suceda es necesario. Para esto primero se debe de tener en cuenta cuántos ciclos son necesarios para llegar al tiempo estándar, teniendo esto entonces:

$$C = \frac{K[(N_2 + \frac{1}{2})^{1-A} - (N_1 - \frac{1}{2})^{1-A}]}{(1-A)} \text{ (ecuación 5)}$$

Aunque hay que tener en cuenta que lo dado requerirá ser convertido al tiempo laboral dentro de un día si se desea ser más exacto en el tiempo necesario para terminar el entrenamiento de manera efectiva.

Por último, digamos que el trabajador el cual estaba realizando el proceso de aprendizaje se detiene por un momento para descansar, ya sea por fatiga, ir a comer, etc. en este caso al regresar a laborar, este puede estar propenso a haber olvidado el proceso o ser más lento que cuando inicialmente ya contaba con un ritmo, para esto se utilizará la siguiente ecuación:

$$R = K - \frac{K-S}{CS} X_i \text{ (ecuación 6)}$$

Dónde R = el tiempo para el primer ciclo después del descanso.

CS = el número de ciclos al tiempo estándar calculado para la primera serie.

$X_i$  = el número del ciclo del primer ciclo después del descanso.

Así que el tiempo resultante de R es el lapso que tendrá que realizar el trabajador para poder volver al mismo ritmo que tenía antes del descanso tomado. Sin embargo, también hay que tener en cuenta que no solo el valor de K cambiará sino también el de A, por tanto, suponiendo que el tiempo estándar lo logra contando el número de ciclos programados más el número de ciclos correspondientes al tiempo agregado por R, entonces tenemos que A:

$$A = \frac{\text{Log}(Y) - \text{Log}(K)}{-\text{Log}(X)} \text{ (ecuación 7)}$$

Siendo X la suma de los ciclos calculados respecto al tiempo estándar más los ciclos agregados por R. Al contar con el nuevo A, se deberá proceder a sacar nuevamente el tiempo medio por ciclo y el tiempo acumulado para llegar al estándar (Niebel, 2005).

### **3.5.3. Estudio de Tiempos**

Los estudios de tiempos se definen como las técnicas para medir un proceso, y mediante esto establecer un tiempo estándar con respecto a un estudio de balanceo previamente realizado, todo esto para tener una mejor producción e incrementar la eficiencia de los equipos/maquinaria utilizada, como también al personal operativo.

Información preliminar. Antes de comenzar con un estudio de tiempos se deben de tener ciertas cosas en cuenta; uno de estos primeros puntos para tomar en cuenta es seleccionar al operador que será sometido al análisis, este debe de estar dentro del promedio y estar bien entrenado en cuanto a los procesos y técnicas a realizar dentro de su trabajo. Otra cosa es que todos deben de estar al tanto de que se llevará a cabo un estudio, más que nada para evitar problemas con supervisores o inclusive con el mismo operador. Y por último todos deben de reflejar responsabilidad de acuerdo con el análisis, esto incluye al mismo analista.

Técnicas, pasos, reglas básicas para la realización de un estudio. Para la realización de este método se debe de tener en cuenta que las operaciones que se realizan en una línea o célula de producción son de intervalos de muy corto tiempo, para eso existen distintas técnicas que se han actualizado con el paso de los años. La primera técnica llamada tiempos continuos consta de tomar el tiempo en todo el proceso realizado hasta que se termina la primera pieza; la segunda técnica se llama regreso a cero, en dónde cada punto de quiebre el cronómetro regresa a cero y vuelve a iniciarse al realizar un nuevo proceso. Ahora bien, estos métodos constan de la concentración del factor humano, por lo tanto, se tendrá un margen de error que puede variar dependiendo de quien haya realizado el estudio. Hoy en día con métodos más modernos podemos medir el tiempo de manera más eficiente con software y equipos más sofisticados; un ejemplo de esto es una video cámara. Una grabación obtenida de un ciclo de trabajo nos da una exactitud más coherente de lo que está pasando en cada proceso realizado por el personal operativo de una línea, detectar cada movimiento de mano, dedo, flexión realizada y poder medirlo cuadro por cuadro gracias a programas de edición en una PC.

Los pasos para la realización de un estudio es tener todos los materiales necesarios a disposición. Primeramente, se debe de haber asegurado de conocer bien al operador que va a estar bajo este análisis, esta persona debe de estar dentro del promedio en cuanto a su fluidez en la realización de su trabajo, ni muy rápido ni muy lento. Lo segundo es anotar todas las herramientas y/o maquinarias que se utilizan para la realización del proceso, también tomando en cuenta las condiciones ambientales en las que se encuentra el trabajador. Otro punto muy importante es donde se encuentra el observador y que este mismo no influya en variaciones dentro de la toma de tiempos, por ejemplo que distraiga o haga sentir incomodo al operador. Teniendo todo esto en cuenta se empieza el análisis del operario, durante no solo uno, sino varios ciclos para poder asegurar de que todo esté siendo medido con exactitud. Dentro de este análisis se tomará en cuenta cada movimiento realizado que también pueden identificarse como puntos de quiebre, ya sea por el dejar una herramienta sobre una mesa, atornillar, perforar, etc.

Determinación del tiempo estándar. Al realizar el muestreo, este es muy útil también para el establecimiento de un tiempo estándar dentro de las operaciones. Para eso se deben de tomar los tiempos observados que se representan entre el tiempo real sobre la producción total por período estudiado, todo esto multiplicado por el número de ocurrencias entre el total de observaciones. Posteriormente se procede al cálculo del tiempo normal, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$TO = \frac{T}{P} \times \frac{n_i}{n} \text{ (ecuación 8)}$$

Dónde, T = tiempo total

$n_i$  = número de ocurrencias para el elemento i

n = número total de observaciones

P = producción total por período estudiado

El tiempo normal TN se encuentra multiplicando el tiempo observado por la tasa promedio:

$$TN = TO \times \frac{\bar{R}}{100} \text{ (ecuación 9)}$$

Dónde  $\bar{R}$  = tasa promedio de desempeño =  $\sum R/n$ . Por último, el tiempo estándar se encuentra sumando las holguras al tiempo normal.

### **3.6. La Carga de Trabajo**

La carga de trabajo se define como, un conjunto de requerimientos psicofísicos a los que un trabajador está sometido a lo largo de su jornada laboral. Habitualmente este concepto se mal interpreta con un sólo esfuerzo que conlleve actividades físicas o musculares, pero también debe de tomarse en cuenta los esfuerzos que van de la mano con la carga mental, por ejemplo, la adaptación a un nuevo procedimiento. Entre estos esfuerzos se encuentran, la manipulación de cargas, posturas de trabajo, cantidad de responsabilidades, concentración, etc. Por lo tanto, se analizan cada una de estas situaciones para poder determinar qué tanta fatiga recae en el obrero, tanto física como mentalmente.

La fatiga se define como la disminución de capacidades tanto físicas como mentales después de realizar un trabajo durante un período muy largo. Se sabe que estas son causadas por posturas no ergonómicas, recorridos largos, e inclusive procesos repetitivos (Díaz, 2007).

#### **3.6.1. Carga Física**

La carga física se especifica como el trabajo que requiere energía muscular para el cumplimiento del objetivo, y se define como todo requerimiento físico en la que un trabajador se ve involucrado a través de toda su jornada laboral.

Las cargas físicas se pueden denominar como:

1. Esfuerzos físicos

2. Postura de trabajo (ergonomía)
3. Manipulación manual de cargas.

Los esfuerzos físicos pueden ser estáticos o dinámicos.

Un trabajo estático surge cuando se realiza un esfuerzo sostenido en el que los músculos se mantienen contraídos durante un cierto período de tiempo, como por ejemplo estar de pie o en una postura que implique movimientos de esfuerzo repetitivo; esto en consecuencia provoca un gran consumo de energía y aumento del ritmo respiratorio.

Un trabajo dinámico surge cuando los músculos se tensan y se contraen durante una actividad extenuante. Por ejemplo, mover un objeto a otro lugar, o empujar un objeto pesado mientras que este ejerce una resistencia.

En resumen los trabajos estáticos, son aquellos donde la actividad muscular se mantiene continuamente tensa pueden provocar que la fatiga se presente de manera más rápida, en cambio sí se realiza una tarea dinámica en donde los músculos tienen una contracción, es decir un estado de descanso, entonces dicha fatiga tardara más en presentarse en este estado (Díaz, 2007).

Las posturas que se presenta durante un trabajo pueden variar dependiendo de la situación que se requiera durante la jornada laboral, un ejemplo de esto es que un operador puede pasar varias horas de pie y después de cierto tiempo requiere estar sentado para realizar su operación, e inclusive puede tener situaciones en dónde sus posturas sobre-esfuerzan sus músculos. Por tanto, mantener dichas posiciones durante un largo período pueden provocar tensión en diferentes partes del cuerpo, ya sea la espalda, piernas, hombros, muñecas, etc. Esto provoca que emocionalmente el trabajo que se está realizando se torne desagradable, estresante y duro, ocasionando dentro de un largo plazo lesiones graves.

Algunas recomendaciones para estas situaciones son:

1. Realizar combinaciones de esfuerzos estáticos como dinámicos, esto ayuda a que los músculos encuentren un estado de relajación en ciertas etapas durante la producción.
2. Combinar posturas en la realización de un trabajo, ya sea alternar posiciones de alguien que está de pie todo el día con otra posición donde se puede estar sentado.
3. Mantener las herramientas utilizadas por el operario en un alcance simple para este, ya sean elementos de accionamiento, mando y/o control (Díaz, 2007).

### **3.6.2. Carga Mental**

La carga mental se define como toda actividad intelectual necesaria para la realización de un trabajo. Esta se determina por la cantidad y tipo de información que se debe de realizar durante toda la jornada, es decir, que tan rápido y bajo qué tanta presión el cerebro puede dar respuesta a los estímulos que surgen en el desarrollo de una tarea.

Los factores que influyen a la carga mental son los siguientes:

1. Cantidad de información recibida
2. Complejidad del trabajo a realizar
3. Tiempo de respuesta
4. Las relaciones laborales
5. El salario

Anteriormente se ha hablado acerca de cómo las nuevas tecnologías exigen al trabajador que eleve sus capacidades de procesar información para adecuarse según sea el caso y la exigencia requerida. Además de que viene implicado el tiempo de respuesta, esto significará que tan eficiente es este para poder realizar su trabajo.



Otro de los factores no mencionados, pero que influyen en el ritmo de laboral es el horario de trabajo, esto puede provocar cierta carga mental dependiendo de los turnos y más si este se realiza en estados nocturnos.

La fatiga que provoca este tipo de carga, suele darse en trabajos con ordenador, puestos de control de calidad, regulación de procesos automáticos, control o mando a distancia, trato con el público, entre otros (Díaz, 2007).

### **3.7. Método de la T Pareada**

La estadística y sus diferentes modelos ayudan a comprender con exactitud, bajo un nivel de confianza definido, si es que existen diferencias, igualdades o datos mayores y/o menores de un valor o grupo de valores propuestos.

En distintos campos laborales a veces se desea comprobar si un tratamiento surte efecto a largo plazo, ya sea un medicamento en el área clínica, la resistencia de algún material al someterse a un agente externo o inclusive para calcular cambios significativos en el peso o altura de un grupo de personas al pasar cierto tiempo.

El método de la T pareada calcula si es que existe o no diferencia significativa entre dos grupos de medias dependientes, en otras palabras, si hay cambios entre un antes y un después. Las hipótesis que se plantean con este estadístico son las siguientes:

$$H_n = H_1 = H_2$$

La hipótesis nula nos indica que la comparación entre las dos medias de datos dependientes no muestra ningún cambio significativo.

$$H_a = H_1 \neq H_2$$

Y de manera contraria la hipótesis alternativa señala que existe una diferencia significativa entre las dos medias; al igual si se desea comparar cuál de las dos muestras de datos es mayor o menor, se puede aplicar la siguiente forma:

$$H_a = H_1 > H_2$$

Donde la media  $H_1$  demuestra ser mayor a  $H_2$ .

$$H_a = H_1 < H_2$$

Donde la media  $H_1$  es menor a  $H_2$  (Minitab).

Para poder calcular la T pareada, se deben de cumplir con ciertas condiciones para comprobar que el modelo de las dos medias pareadas es adecuado.

1.-Normalidad: corroboración de que la muestra numérica no demuestre anormalidad, es decir, que no existan datos que indiquen un pico extremo entre el grupo de valores existentes. Para esto, existen tres tipos de prueba de normalidad que se pueden tomar en cuenta de acuerdo con el tamaño de la muestra:

**Kolmogorov-Smirnov.** Prueba de normalidad adecuada para muestras mayores a 30 datos.

**Shapiro-Wilk.** Al contrario de Smirnov, esta prueba de normalidad es recomendable para muestras pequeñas menores a 30 datos.

Se pueden presentar situaciones en donde realizar las pruebas arrojan anormalidad. En este caso se puede optar por transformar los datos. Existen diferentes métodos en donde se alteran los valores de las muestras con diferentes exponentes matemáticos, cómo lo son el logaritmo, la raíz cuadrada o dividir los datos sobre 1, entre otros. Por último, solo se deben utilizar las cantidades transformadas para el modelo estadístico (Seh-lelha, 2013).

2.-Tamaño mayor a 20 muestras: se recomienda que para realizar este tipo de método, la cantidad de datos entre medias sean mayores a 20 datos. Aunque existe el caso contrario de poder realizar la T pareada con menores cantidades, para esto se sugiere que se utilicen gráficas para verificar que no exista asimetría entre las medias (Minitab, Prueba de normalidad).

Por último, verificando que se cumplan con las dos condiciones anteriores, se puede proceder a la realización del método estadístico. La fórmula con la que se representa es la siguiente:

$$T \text{ Pareada} = \frac{\bar{x}d}{ds/\sqrt{n}} \text{ (ecuación 10)}$$

Dónde,  $\bar{x}d$  = promedio de las diferencias entre las dos medias

$ds$  = desviación estándar

$n$  = número de muestras

### **3.8. Planeación y Simulación con Ayuda de Bloques LEGO para Procesos Industriales**

El sistema más utilizado por las industrias en cuanto a la mejora de sus producciones ha sido el TPS (Toyota Production System); desarrollado por Toyota, consiste en la mejora continua y el valor de compromiso de los empleados. Pero, aunque los resultados son beneficiosos para la empresa que la implementa de manera correcta, esto puede llevar tiempo hasta alcanzar tales beneficios, y por tanto esto involucra tiempo, esfuerzo y dinero. Para esto una manera para disminuir estos problemas de la manera más viable es por medio de simulaciones, ya sean por medio de un software o de una manera más realista.

LEGO es un sistema de construcción basado en bloques (también llamados ladrillos), equipado con un mecanismo de unión libre. Dos partes de Lego pueden conectarse entre sí de diferentes maneras y permanecer así hasta que se separen.

La idea de usar los bloques de LEGO con fines educativos no es nueva, en particular que LEGO no es solo un juguete (como se percibe normalmente), sino también una herramienta de aprendizaje. Existen varios ejemplos del uso del concepto Lego en educación terciaria e investigación para la simulación de sistemas de fabricación, diseño

de mecanismos, creación de prototipos virtuales y como componentes de prueba (Peter Young, 1998).

La utilización de bloques Lego es llamada Dinámica MIB (Montaje Interactivo de Bloques). Este método ha sido aplicado en la Universidad Federal de Itajubá desde el 2003, utilizando los conceptos de producción de Toyota. La dinámica MIB se caracteriza por dos términos, “empuja” y “tira”, donde en la primera parte representa la finalización del trabajo en una primera estación, para posteriormente seguir su ensamble por toda la línea, donde al final, pasa al segundo concepto nombrado como "tira", es encargada de almacenar las piezas terminadas o ser inspeccionadas bajo el concepto de cierta calidad. Esta dinámica se caracteriza por ser un modelo de aprendizaje vivencial, pues según (Kolb, 1997), esta dinámica enfatiza la experiencia en el proceso de aprendizaje. Para que ocurra el aprendizaje es necesario que las personas se involucren completa y abiertamente en nuevas experiencias concretas. A continuación, es necesario reflexionar sobre estas experiencias y observarlas desde otras perspectivas. Después, las conclusiones obtenidas deben ser generalizadas, creándose nuevos conceptos que consigan integrar las observaciones en teorías lógicas. Al final, se deben transferir, o incluso probar, estos conceptos en nuevas situaciones, modificando procedimientos, tomando decisiones o resolviendo problemas (Alexandre Ferreira de Pinho, 2005).

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se listarán los materiales y equipos que serán utilizados, al igual que también los pasos realizados para el desarrollo de esta investigación.

### 4.1. Materiales

Los materiales utilizados se mencionan a continuación, junto con una breve descripción de sus características principales para la elaboración del proyecto.

#### a) Laptop Modelo Aspire F15

Equipo de cómputo portátil (Fig. 4.1) el cual cuenta con los requerimientos más actuales en el mercado. (Tabla 4.1)



Figura 4.1 Laptop Aspire F15 (Acer, 2019)

Tabla 4.1 Especificaciones Técnicas del Equipo de Cómputo Acer Aspire F15.

Especificaciones técnicas de equipo de computo Acer Aspire F15					
<b>Procesador</b>	Intel Core i5-6200U	<b>pantalla</b>	15.6 pulgadas 16:9, 1920 x 1080 pixels 141 PPI, Innolux N156HGE-EAL, TN WLED, 262K (6bit), CIE 1931 94 %, lustroso: no	<b>Peso</b>	2.412 kg, Suministro de Electricidad: 458 g
<b>Adaptador gráfico</b>	NVIDIA GeForce GTX 950M - 4096 MB, Núcleo: 915 - 928 MHz, Memoria: 1253 MHz, GDDR5 (Micron), ForceWare 362.03, Nvidia Optimus, HD Graphics 520	<b>Placa base</b>	Intel Skylake-U Premium PCH		
<b>Memoria</b>	8192 MB, 2133 MHz, DDR4, 2 of 2 used, Dual Channel	<b>Disco duro</b>	WDC Scorpio Blue WD10JPVX-22JC3T0, 1024 GB, 5400 rpm, 900 GB libre		

b) Software Matlab

El software Matlab<sup>R</sup>, versión 18, utilizado con el complemento EEGLAB para la manipulación de los datos obtenidos por el encefalograma Emotiv EPOC para la determinación del efecto del estrés en los sujetos de prueba (Fig. 4.2) (Delorme & Makeig, 2004).

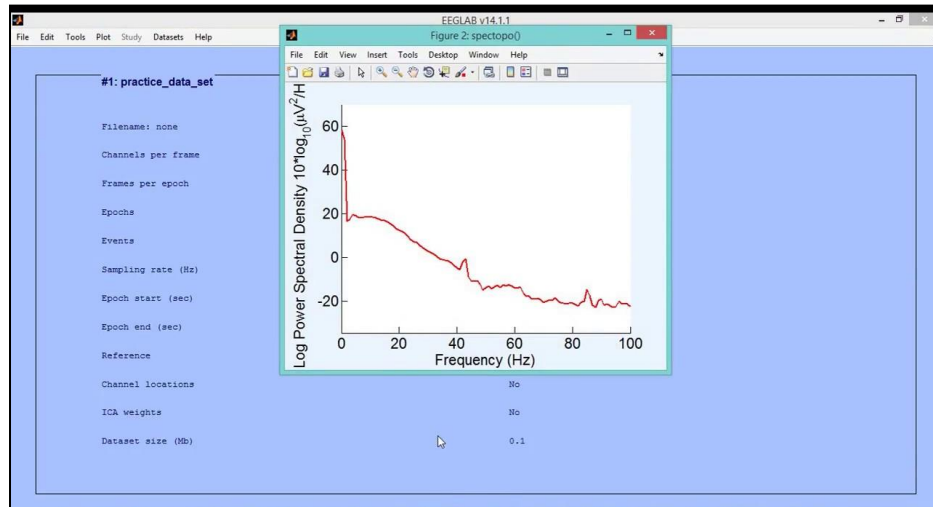


Figura 4.2 Software Matlab Ejecutando el Complemento EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004)

### c) Software Emotiv PRO

Software creado como soporte para la lectura, guardado y análisis rápido de señales brindadas por dispositivo Emotiv EPOC (Fig. 4.3) (Tan Le, 2011).

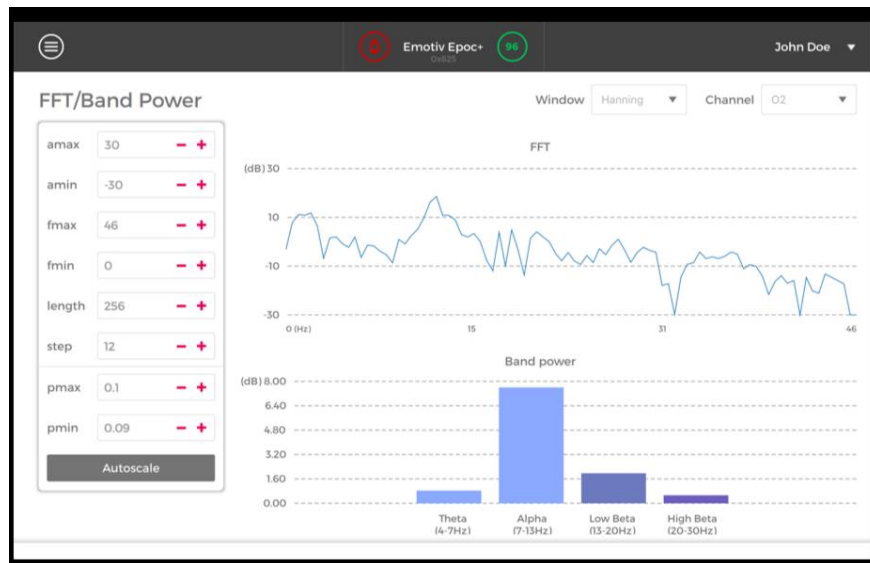


Figura 4.3 Software Emotiv PRO (Tan Le, 2011)

### d) Sistema Emotiv EPOC

Emotiv EPOC es un electroencefalograma inalámbrico multicanal con catorce canales (sistema EEG) para investigación, que permite una amplia gama de aplicaciones que incluyen neuroterapia y biofeedback (fig. 4.4).

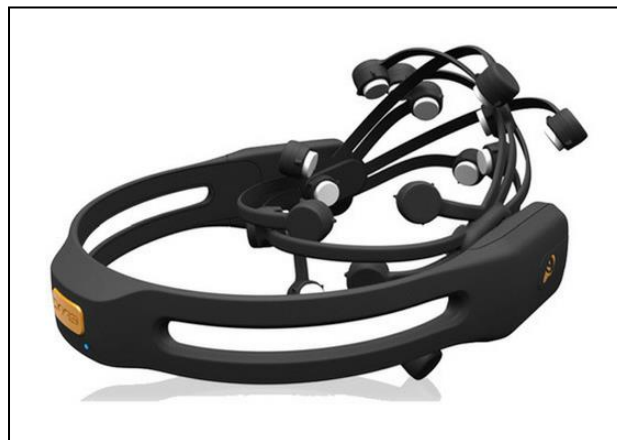


Figura 4.4 Sistema Emotiv EPOC (Tan Le, 2011)

e) Bloques LEGO (producto No. 31056)

Ensamble LEGO<sup>R</sup> tres en uno, incluye 122 piezas para la elaboración de un tráiler, barco o vehículo deportivo. (Fig. 4.5)



Figura 4.5 Caja LEGO con Tres Modelos Diferentes (LEGO, 2019)

## 4.2. Metodología

Para este proyecto se requirió la participación de siete participantes, los cuales contaban con un promedio de edad cercano a los 19 a 25 años, no contaban con adicciones frecuentes, como lo son el fumar o consumo de drogas, no consumían estupefacientes y contaban con más de 48 horas sin el consumo de alcohol, además tenían un promedio ocho horas de sueño previo a la realización del experimento. Los métodos empleados para la realización de este proyecto son descritos en la figura 4.6:



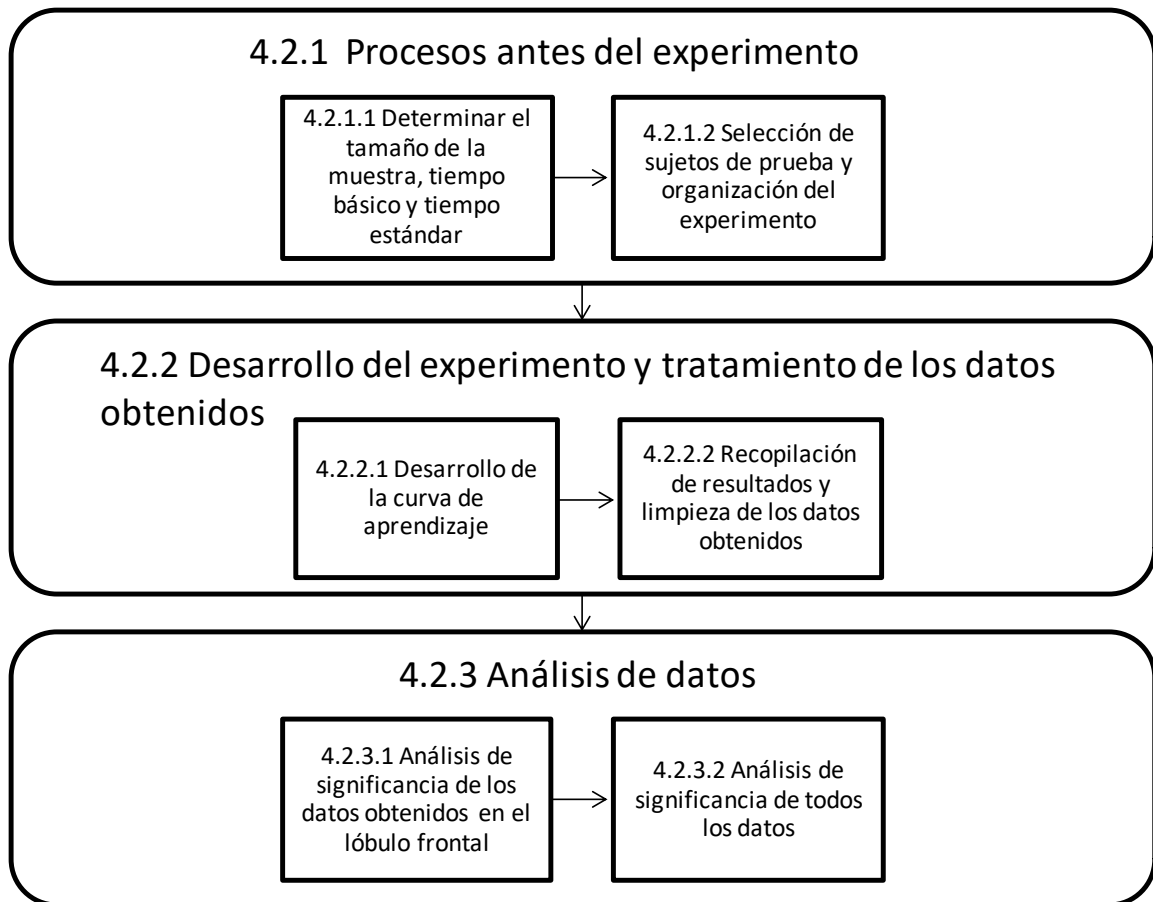


Figura 4.6 Diagrama de Flujo de la Metodología

### 4.2.1. Procesos Antes del Experimento

Antes de inicializar con el proceso de captura de datos, se determinaron ciertos factores que son fundamentales para el experimento, como lo son el tiempo estándar y posteriormente el reclutamiento de los sujetos de prueba con ciertas características.

#### 4.2.1.1. Determinar el Tamaño de la Muestra, Tiempo Básico y Tiempo Estándar

Es necesario primeramente estimar un tiempo estándar que los participantes tendrán de meta para alcanzar, para esto es necesario que una sola persona, previamente entrenada, realice en ritmo contante el ensamble de varios carritos LEGO.

Obteniendo ciertas cantidades de repeticiones, se procedió al cálculo para determinar si el tamaño de la muestra obtenida era suficientemente; más adelante confirmando lo anterior se obtuvo el tiempo básico para después obtener el tiempo estándar.

#### **4.2.1.2. Selección de Sujetos de Prueba y Organización del Experimento**

Determinado el tiempo estándar se reclutaron y se registraron, por medio de un formato, a los sujetos de prueba que cumplieran con ciertas características que representa una persona sana, ya que se quiso evitar irregularidades en los datos obtenidos. Una vez obtenido el personal se les mostro la ayuda visual que comprende al ensamble, con el objetivo de que se familiarizaran con las piezas del modelo.

### **4.2.2. Desarrollo del Experimento y Tratamiento de los Datos Obtenidos**

Para obtener los datos requeridos se desarrolló el método de la curva de aprendizaje y lo resultante del estudio se procesó a un software con la herramienta especializada en el manejo de ondas cerebrales.

#### **4.2.2.1. Desarrollo de la Curva de Aprendizaje**

Preparados los sujetos de prueba, se les coloco a cada uno, de manera separada el aparato Emotiv EPOC en la cabeza para empezar con la captura de datos, todo esto mientras se les cronometraba cada vez que terminaban el ensamble de un carrito LEGO. El punto final del experimento se completó cuando se cumplía con el tiempo estándar anteriormente establecido.

#### **4.2.2.2. Recopilación de los Resultados y Limpieza de los Datos Obtenidos**

Terminados los experimentos, se recopilaron todos los datos y se pasaron a el software Matlab, en dónde con la ayuda de un complemento llamado EEGLAB se procesó la información obtenida; la finalidad de esto fue limpiar las señales de cada uno de los sujetos, de componentes externos que no están relacionados con la actividad cerebral, tales como movimiento de ojos, muscular y cardiovascular.

#### **4.2.3. Análisis de Datos**

En esta sección se decidió que método sería utilizado para demostrar la valides de la hipótesis mencionada al inicio de este documento, para esto se convirtieron los datos obtenidos en unidad de potencia para facilitar la manipulación de estos.

##### **4.2.3.1. Análisis de Significancia de los Datos Obtenidos en el Lóbulo Frontal**

Para poder determinar cuál frecuencia representa mayor actividad significativa, se optó por dividir el tiempo de la curva de aprendizaje de todos los sujetos de prueba en cinco partes iguales y clasificar las potencias de cada grupo en los períodos de tiempo y frecuencias existentes en el cerebro. Antes de efectuar un modelo estadístico se realizó una prueba de normalidad entre los datos, esto para demostrar que el modelo es adecuado. Después se procedió a utilizar el método de la T pareada para demostrar cual frecuencia se vio más activa durante todo el estudio de aprendizaje.

##### **4.2.3.2. Análisis de Significancia de Todos los Datos**

El último análisis es efectuado para la determinación la significancia de todos los lóbulos que comprenden el cerebro. Dado que algunos grupos de medias no dieron normalidad se utilizó una transformada para poder adecuar los datos y posteriormente utilizar la T pareada.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se explicarán los pasos que se llevaron a cabo durante la recopilación de datos, cómo se analizó la información y por último a que conclusiones se llegaron con el modelo estadístico correspondiente.

Primeramente, el experimento no se llevó a cabo dentro de una empresa industrial, sino dentro de un ambiente controlado y con la intención de evaluar solo una pequeña muestra dentro del laboratorio de Posgrado del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

### 5.1.1. Procesos Antes del Experimento

#### 5.1.1.1. Determinar el Tamaño de la Muestra, Tiempo Básico y Tiempo Estándar

Para determinar el tiempo estándar que todos los participantes deberán alcanzar, se entrenó a un sujeto de prueba hasta que este llegara a un ritmo constante de la construcción de varias piezas, posteriormente se le tomo video para poder cronometrar cada uno de los movimientos de mano que realizaba en el ensamble de cada pieza; el registro se muestra a continuación en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Registro en Excel de los Tiempos de Cada Movimiento de Mano Representados en Segundos

No. Elementos	Descripción del elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		747 0.304	748 0.204	749 0.198	750 0.467	751 0.934	752 0.701	746 0.734	745 0.567	744 0.534	788 0.334
1	Tomar dos piezas RJ003 y ensamblarlas en I	6.522	6.879	6.759	6.899	6.781	6.878	6.734	6.957	6.949	6.932

Registro en Excel de los Tiempos de Cada Movimiento de Mano Representados en Segundos (Continuación)

		6.218	6.675	6.561	6.432	5.847	6.177	6	6.39	6.415	6.598
2	Tomar dos piezas GR142 y ensamblarlas en I	13.83	14.01 4	14.11 5	14.167	13.908	14.004	14.215 7	14.236	14.222	14.245
		7.308	7.135	7.356	7.268	7.127	7.126	7.4817	7.279	7.273	7.313
3	Tomar una pieza CF122 y ensamblarla en J	17.50 8	17.54 6	17.57 6	17.725	17.412	17.53	17.718	17.746	17.739	17.796
		3.678	3.532	3.461	3.558	3.504	3.526	3.5023	3.51	3.517	3.551
4	Tomar una pieza CF001 y ensamblarla en J	21.85 4	21.91 2	21.86 8	22.034	21.769	21.905	21.911	22.108	22.092	22.149
		4.346	4.366	4.292	4.309	4.357	4.375	4.193	4.362	4.353	4.353
5	Tomar dos piezas CF131 y ensamblarlas en J	27.55 3	27.56	27.61 6	27.71	27.515	27.562	27.607	27.685	27.69	27.745
		5.699	5.648	5.748	5.676	5.746	5.657	5.696	5.577	5.598	5.596
6	Tomar dos piezas NE102 y ensamblarlas en K	35.88 2	36.35 7	36.29 1	36.329	36.307	36.37	35.686	36.587	36.543	36.602
		8.329	8.797	8.675	8.619	8.792	8.808	8.079	8.902	8.853	8.857
7	Tomar dos piezas AZ103 y ensamblarlas en K	42.28 4	42.73 5	42.72 6	42.73	42.611	42.737	41.865	43.008	42.943	43.012
		6.402	6.378	6.435	6.401	6.304	6.367	6.179	6.421	6.4	6.41
8	Tomar una pieza BL106 y ensamblarla en K	45.79 1	46.27 7	46.07 4	46.26	46.02	46.271	45.286	46.458	46.39	46.465
		3.507	3.542	3.348	3.53	3.409	3.534	3.421	3.45	3.447	3.453
9	Tomar dos piezas VE103 y ensamblarlas en L	51.16 1	51.32 8	51.03 4	51.355	51.002	51.32	50.439	51.462	51.414	51.519
		5.37	5.051	4.96	5.095	4.982	5.049	5.153	5.004	5.024	5.054
10	Tomar dos piezas VE102 y ensamblarlas en M	58.31 3	58.15 9	57.94 9	58.032	57.902	58.153	57.555	58.376	58.162	58.313
		7.152	6.831	6.915	6.677	6.9	6.833	7.116	6.914	6.748	6.794

Registro en Excel de los Tiempos de Cada Movimiento de Mano Representados en Segundos (Continuación)

11	Tomar dos piezas GR112 y ensamblarlas en N	63.10 6	63.52 1	63.03 1	63.37	62.947	63.512	62.293	63.461	63.392	63.547
		4.793	5.362	5.082	5.338	5.045	5.359	4.738	5.085	5.23	5.234
12	Tomar una pieza GR122 y ensamblarla en N	66.43 7	66.68 6	66.30 7	66.591	66.311	66.665	65.692	66.652	66.613	66.79
		3.331	3.165	3.276	3.221	3.364	3.153	3.399	3.191	3.221	3.243
13	Tomar dos piezas AZ100 y ensamblarlas en O	73.4 37	73.34 1	72.95 4	73.317	72.892	73.239	72.494	73.113	73.095	73.362
		7	6.655	6.647	6.726	6.581	6.574	6.802	6.461	6.482	6.572
14	Tomar dos pieza GR100 y ensamblar en O	80.1 41	79.82 2	79.24 7	79.956	79.294	79.8	78.9	79.641	79.567	79.876
		6.70 4	6.481	6.293	6.639	6.402	6.561	6.406	6.528	6.472	6.514
15	Tomar una pieza VE108 y AM100	81.9 41	81.53	81.02 8	81.692	81.056	81.507	80.692	81.351	81.291	81.629
		1.8	1.708	1.781	1.736	1.762	1.707	1.792	1.71	1.724	1.753
16	Ensamblar VE108 y AM100 (P)	85.0 11	84.23 3	83.82	84.435	83.78	84.209	83.823	84.12	84.093	84.453
		3.07	2.703	2.792	2.743	2.724	2.702	3.131	2.769	2.802	2.824
17	Tomar dos piezas VE200 y ensamblarlas en P	90.5 22	89.84	89.44 8	89.931	89.424	89.81	89.362 1	89.694	89.653	90.036
		5.51 1	5.607	5.628	5.496	5.644	5.601	5.5391	5.574	5.56	5.583
18	Ensamblar P en Q	93.7 45	92.84 3	92.39 4	92.917	92.261	92.8	92.647	92.747	92.728	93.143
		3.22 3	3.003	2.946	2.986	2.837	2.99	3.2849	3.053	3.075	3.107
19	Tomar dos piezas VE203 y ensamblarlas en Q	100. 065	98.87 5	98.65 3	98.956	98.245	98.816	99.035	98.712	98.749	99.235
		6.32	6.032	6.259	6.039	5.984	6.016	6.388	5.965	6.021	6.092

Registro en Excel de los Tiempos de Cada Movimiento de Mano Representados en Segundos (Continuación)

20	Tomar dos piezas NE102 y ensamblarlas en Q	106.995	105.753	105.663	105.954	105.248	105.703	106.017	105.62	105.675	106.329
		6.93	6.878	7.01	6.998	7.003	6.887	6.982	6.908	6.926	7.094
21	Tomar dos piezas NE112 y ensamblarlas en Q	112.538	111.468	111.207	111.834	110.959	111.412	111.56	111.42	111.466	112.116
		5.543	5.715	5.544	5.88	5.711	5.709	5.543	5.8	5.791	5.787
22	Tomar dos piezas CF002 y ensamblarlas en R	120.408	118.785	119.296	119.172	118.076	118.715	119.55	118.911	119.014	119.744
		7.87	7.317	8.089	7.338	7.117	7.303	7.99	7.491	7.548	7.628
23	Tomar dos piezas VE201 y ensamblarlas en S	127.211	125.486	125.832	126.096	124.621	125.408	126.467	125.886	125.986	126.8
		6.803	6.701	6.536	6.924	6.545	6.693	6.917	6.975	6.972	7.056
24	Tomar una pieza VE102 y VE202 y ensamblar VE202 en VE102	135.299	133.03	133.764	133.587	132.476	132.363	134.485	133.456	133.606	134.553
		8.088	7.544	7.932	7.491	7.855	6.955	8.018	7.57	7.62	7.753
25	Ensamblar subensambles #2 en T	142.986	141.236	141.634	141.842	140.57	141.174	142.264	141.465	141.607	142.54
		7.687	8.206	7.87	8.255	8.094	8.811	7.779	8.009	8.001	7.987

Tal como se puede observar en la tabla 5.1, los tiempos están medidos por segundos y milésimas de segundo de cada movimiento realizado al tomar determinadas piezas, colocarlas en el ensamble y termina el cronometrado al soltar la pieza colocada; el tiempo marcado en rojo representa el tiempo observado de cada elemento. La captura de datos finaliza hasta que el sujeto de prueba coloca la última pieza en el ensamble,

posteriormente se procede a la captura de una nueva muestra. Para poder determinar hasta que muestra se debe de llegar se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \left( \frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - \Sigma(x)^2}}{\Sigma x} \right)^2 \text{ (ecuación 11)}$$

Donde, n = Tamaño de la muestra (número de observaciones)

n' = número de observaciones preliminares

$\Sigma$  = suma de valores

x = valor de las observaciones

40 = constante para un nivel de confianza del 95%

Despejando dicha fórmula en cada uno de los elementos para comprobar si las muestras preliminares son las suficientes, podemos comprobar que todas tienen las cantidades suficientes de registros.

Tabla 5.2 Tamaño de las Muestras de Todos los Elementos Durante el Ensamble

No. Elemento	Tamaño de la muestra (No. de ensambles calculados)	No. Elemento	Tamaño de la muestra (No. de ensambles calculados)
1	2.56877465	13	0.83931935
2	0.34814917	14	0.48500639
3	0.38137431	15	0.5969151
4	0.23067728	16	4.11393746
5	0.16471228	17	0.10906495
6	1.36301561	18	2.66642804
7	0.20593005	19	0.89384592
8	0.48166578	20	0.1354259
9	0.7749821	21	0.6507919
10	0.68276765	22	2.62566446
11	2.7335267	23	1.06641776
12	0.96370503	24	2.64480291
		25	2.18445709



En la tabla 5.2 se observa que el tamaño de la muestra es significativamente bajo, dando como conclusión de que no hay variaciones extrañas ni grandes en los tiempos capturados y por lo tanto se procede a la obtención del tiempo normal la cual su fórmula se representa como:

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo observado} \times \text{valoración}$$

Hay que tener en cuenta que el factor de valoración se da de acuerdo con el criterio de la persona que está observando la operación, y dicha calificación se da de acuerdo con la velocidad, motivación y precisión en la construcción de una pieza elaborada por el sujeto de prueba, en este caso se asignó un 95%, tal como se muestra en la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Tiempo Normal de Cada Elemento

No. Elemento	T. Normal (en segundos)	No. Elemento	T. Normal (en segundos)
1	6.014735	13	6.3175
2	6.9033365	14	6.175
3	3.3572335	15	1.659935
4	4.11407	16	2.6847
5	5.380895	17	5.2955945
6	8.237545	18	2.8979655
7	6.051215	19	5.80602
8	3.290895	20	6.61352
9	4.82049	21	5.417185
10	6.5436	22	7.190645
11	4.87027	23	6.47159
12	3.09358	24	7.29847
		25	7.666405

Por último, se calculó el tiempo estándar, en donde se agregó la inclusión de suplementos, estos indican el desgaste de energía que tuvo el sujeto de prueba durante la

toma de tiempos, ya sea demoras en la colocación de alguna pieza o hasta necesidades básicas de la persona, la formula se representa:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} (1 + \Sigma(\text{de inclusión de suplementos}))$$

(ecuación 12)

El cual al calcular se dio un tiempo estándar de: dos minutos con 28 segundos en total.

### 5.1.1.2. Selección de Sujetos de Prueba y Organización del Experimento

Para la selección de personal para el experimento se tomaron en cuenta siete personas, entre la edad de 19 a 25 años de edad, se les brindo un formato para llenar en el cual se registró, horas de sueño, si fumaba, consumía alcohol (y si lo hizo, cuantas horas pasaron desde el consumo), y también se les pregunto si consumían algún otro tipo de medicamento, ya sea para alergias u otros tipos de enfermedades.

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_  
 Horas de sueño: \_\_\_\_\_ Fuma: \_\_\_\_\_ Alcohol: \_\_\_\_\_ (Hrs de abstinencia: \_\_\_\_\_)  
 Otros medicamentos: \_\_\_\_\_  
 Presión Inicial: \_\_\_\_\_ Presión Final: \_\_\_\_\_ (Tiempo estándar 2min con 28 segundos)

Carro	Tiempo	Pulso

Figura 5.1 Formato para Cada Uno de los Participantes del Experimento

Al llenar el formato de la figura 5.1 y tomar la presión inicial, los sujetos de prueba comenzaron con el proceso de ensamble, siendo previamente guiados con una ayuda visual, la cual se muestra en la figura 5.2, hasta la comprensión y la localización de cada pieza LEGO que irá en el carro.

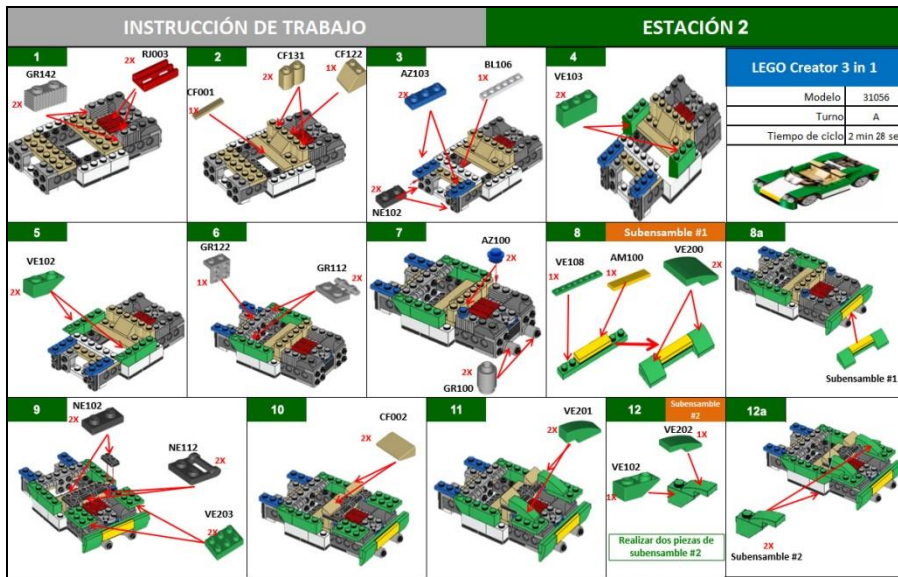


Figura 5.2 Ayuda Visual del Ensamble del Carrito LEGO

Durante la elaboración del experimento se registraron la cantidad de carros y tiempo que realizaron durante la jornada. El término de todo el trabajo se llevó en un plazo de un mes y tres días.

## 5.1.2. Desarrollo del Experimento y Tratamiento de los Datos Obtenidos

### 5.1.2.1. Desarrollo de la Curva de Aprendizaje

Para la realización del experimento, en el mismo formulario en donde cada uno de los participantes registro sus datos, se tomaron los tiempos de cada ensamble realizado hasta concluir en el tiempo estándar predefinido con anterioridad. Para la captura de tiempo se utilizó un cronómetro y además se superviso de que cada uno de los carritos terminados contaran con todas las piezas y que estas estuvieran localizadas en el lugar correcto de armado. En la figura 5.3 se puede observar el número de piezas armadas hasta que el participante llegara al estándar; en la columna de “tiempo” y en la de “tiempo acumulado” se puede observar el período de tiempo en el que se tardó en armar cada producto y el total en segundos de todo el experimento, como se muestra en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Tiempo de ensamble en el alcance de la curva de aprendizaje

Carritos	Tiempo (en segundos)	Tiempo acumulado (en segundos)	
1	462	55	
2	370	517	
3	329	887	
4	276	1216	
5	225	1492	
6	300	1717	
7	184	2017	
8	194	2201	
9	183	2395	
10	172	2578	
11	168	2750	
12	168	2918	
13	153	3086	
14	176	3239	
15	192	3415	
16	180	3607	
17	179	3787	
18	188	3966	
19	143	4154	
20	161	4297	
21	161	4458	
		4619	
			Tiempo Total

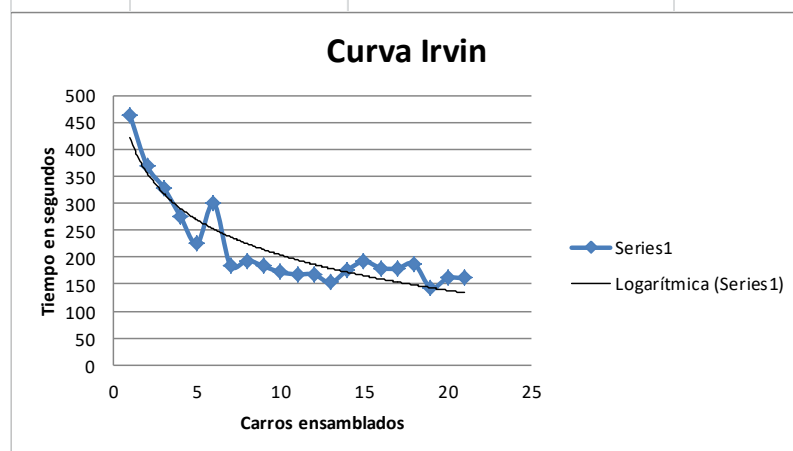


Figura 5.3 Toma y Registro de Tiempos en Excel de Uno de los Sujetos de Prueba

### 5.1.2.2. Recopilación de los Resultados y Limpieza de los Datos Obtenidos

En este siguiente paso se tomaron todos los datos obtenidos durante el experimento y transformaron a un formato llamado European Data Format (EDF), todo esto para poder utilizarlos y manejarlos con más facilidad en el software Matlab junto con la utilidad llamada EEGLAB. (Figura 5.4)

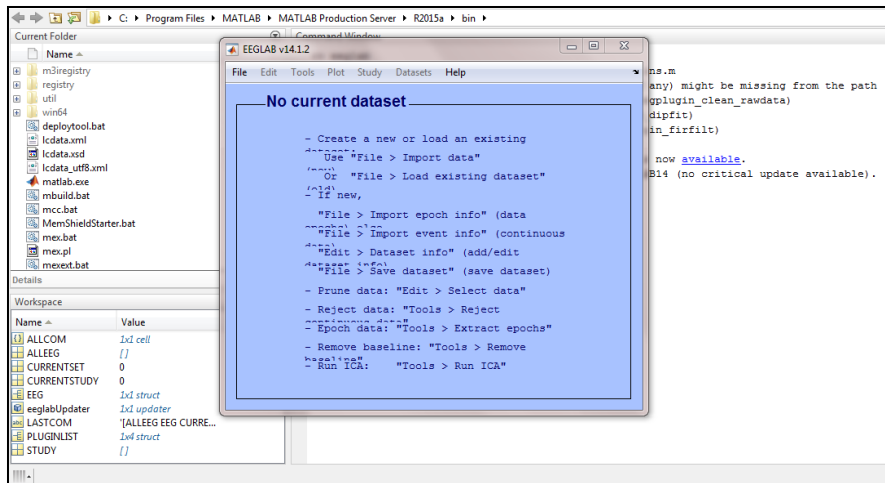


Figura 5.4 Software Matlab Ejecutando el Complemento EEGLAB de Fondo (**Fuente: EEGLAB**)

Dentro de esta aplicación se buscan los datos extraídos del software Emotiv PRO, a partir de la ruta File -> Import data -> Using EEGLAB functions and plugins -> From EDF/EDF+/GDF files (BIOSIG toolbox); en la siguiente parte pedirá la introducción de canales a registrar, en este caso se utilizaron los catorce electrodos con los que cuenta el EMOTIV EPOC; por último se presenta la pantalla de los datos del sujeto de prueba, entre ellos el número de canales, frames por epoc, la frecuencia de la muestra, el tiempo del registro, etc. (Figura 5.5)

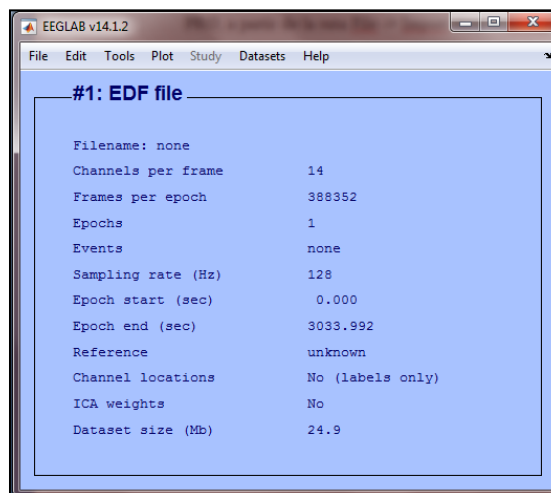


Figura 5.5 Ventana con los Datos Principales del Archivo EDF (**Fuente: EEGLAB**)

También se especifica la ubicación de cada uno de los electrodos dentro del programa, todo esto para poder mejorar la imagen de la interpretación al manejar los datos. (Figura 5.6)

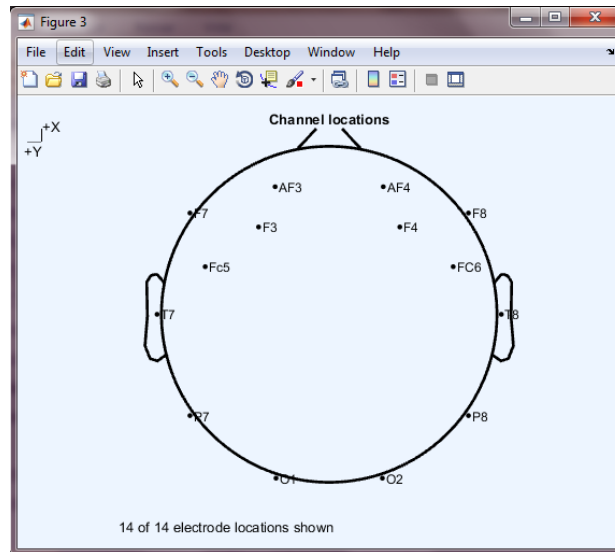


Figura 5.6 Localización de los Electrodo Dentro del Complemento EEGLAB (Fuente: EEGLAB)

Ahora bien, los datos obtenidos durante las pruebas con cada uno de los sujetos de prueba cuentan con componentes externos que no se involucran con la actividad cerebral, como por ejemplo musculares, respiratorios e inclusive cardiacos, para esto es importante eliminar estos ruidos que pueden dificultar la lectura de lo que realmente se quiere; para esto fue necesario correr la herramienta ICA y posteriormente ASR. La desventaja de la primera mencionada es su duración de escaneo, por lo cual puede llevar poco más de una hora en completarse, pero terminando se localizan los diferentes componentes ajenos al estudio, tal como se muestra en la figura 5.7.

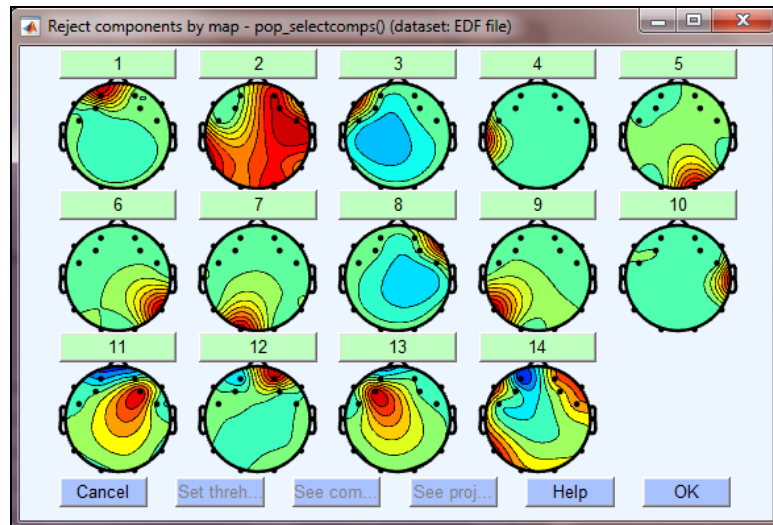


Figura 5.7 Componentes más Activos Durante la Elaboración del Experimento (**Fuente:** EEGLAB)

Para poder desechar los componentes que no son deseados en el análisis de datos es necesario observar la actividad que representan cada uno de ellos, ya sea el movimiento ocular del componente uno, o el comportamiento irregular que presenta el componente número 14 a diferencia de los demás. Para detectar que se desea eliminar pueden optarse por distintos juicios, ya sea con la visualización del espectrograma de cada uno de los componentes, o inclusive con sus datos estadísticos. (Figura 5.8, 5.9 y 5.10)

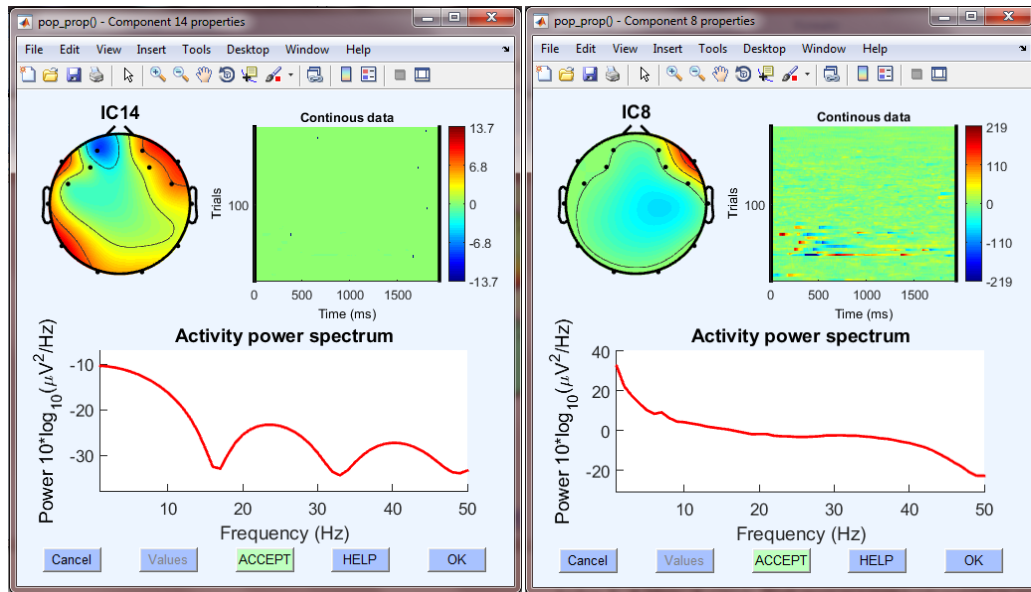


Figura 5.8 Imagen la Cual Representa la Actividad de Dos Componentes, en Dónde se Puede Ver la Diferencia Entre Una Actividad Irregular (izquierda) y Una con Normalidad (derecha) (Fuente: EEGLAB)

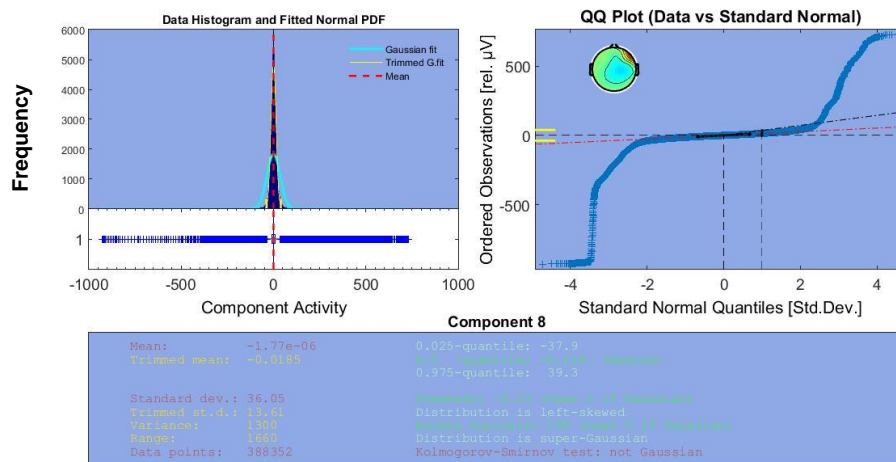


Figura 5.9 Actividad Estadística del Componente Ocho (Fuente: EEGLAB)



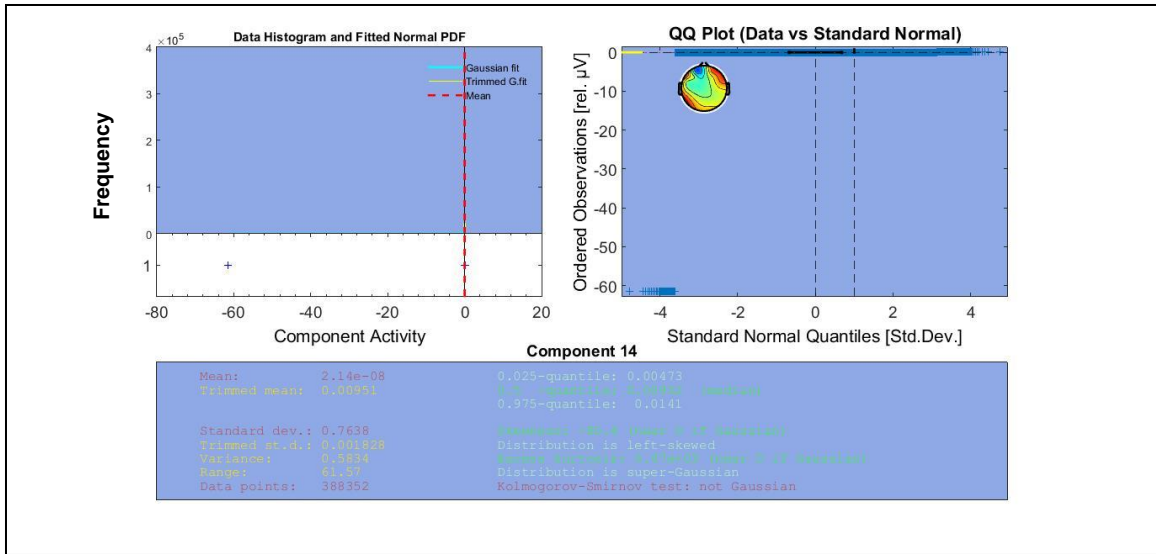


Figura 5.10 Actividad Estadística del Componente 14 (Fuente: EEGLAB)

Al inspeccionar todos los componentes se procede a remover los componentes seleccionados; terminado el proceso se procede a iniciar la limpieza continua por ARS.

El método ASR detecta de manera continua dentro de todo el estudio las señales irregulares dependiendo de las condiciones que se le den. Entre dichas especificaciones se encuentran: si la señal se encuentra plana por más de un cierto tiempo, que se encuentren pobremente correlacionadas o que sobrepasen cierta amplitud se procederán a ser eliminadas. Al terminar el proceso, de la misma aplicación salta una ventana emergente comparativa entre el antes y después de la limpieza, tal como se puede observar en la figura 5.11.

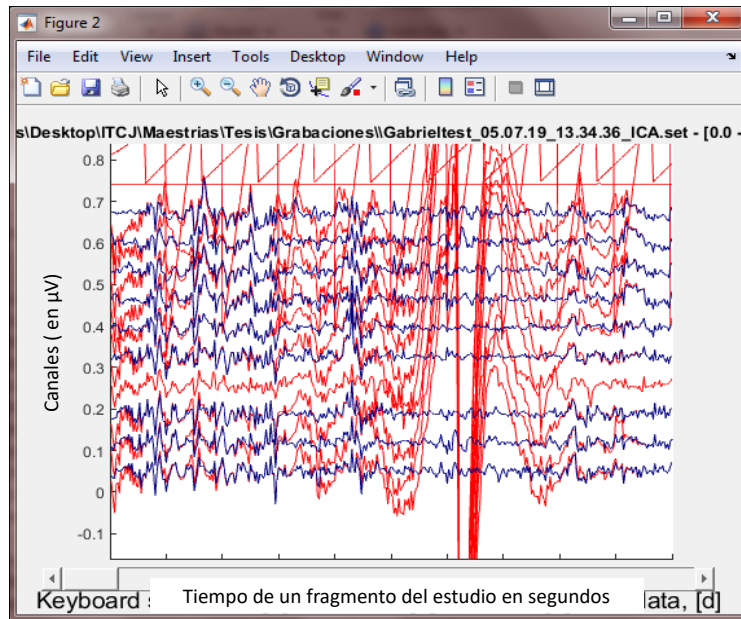


Figura 5.11 Ventana Comparativa Entre el Estudio Antes (rojo) y Después (azul) de la Limpieza ASR (Fuente: EEGLAB)

### 5.1.3. Análisis de Datos

#### 5.1.3.1. Análisis de Significancia de los Datos Obtenidos en el Lóbulo Frontal

Al terminar la limpieza de componentes externos e irregularidades de las ondas de todos los sujetos de prueba se procedió al análisis y cómo fue su cambio durante el lapso de aprendizaje. Para esto las señales son transformadas con la ayuda del algoritmo de la transformada rápida de Fourier (FFT), la cual transforma lo obtenido dentro de un lapso de tiempo determinado a datos de potencia dentro de un dominio de frecuencia.

Para conocer la significancia de las ondas cerebrales dentro de la curva de aprendizaje, se dividió el tiempo de cada uno de los participantes en cinco partes iguales de acuerdo con la jornada que realizaron hasta alcanzar el estándar. Esto permite comparar que frecuencias tuvieron más actividad entre un período de tiempo “A” en donde la manufactura aun es lenta, al punto “B” en el cual el aprendizaje esta mejor dominado.

Ejemplo de las potencias obtenidas entre dos diferentes lapsos de tiempo:

Tabla 5.5 Muestra de Potencias del Primer Lapso de Tiempo Divididas en 14 Canales por Seis Diferentes Frecuencias

Pot	encia absolu	microvol	ts^2/Hz			
Can	al deltaPower	tetaPower	alfaPower	lowBeta	HighBeta	gammaPower
1	10.11947	1.50714	1.373393	1.102591	1.23735	1.453848
2	15.933253	2.353081	2.038887	1.658162	2.174285	2.895409
3	16.691701	1.413546	0.539515	0.306926	0.214897	0.167636
4	14.243728	2.023995	1.486021	1.160744	1.532935	2.097023
5	50.768089	7.342993	5.52377	4.299757	5.579923	7.567645
6	44.715819	8.422081	6.462422	5.393183	7.084416	9.884966
7	47.547232	6.839969	5.281006	3.866641	4.775826	6.205105
8	54.850963	9.813191	6.515782	5.088768	7.185722	9.966414
9	35.53144	7.551678	4.803796	4.46978	8.607882	12.183478
10	50.332254	4.345622	4.281865	4.359552	7.92031	10.701096
11	14.762992	4.347525	4.674179	3.923802	5.667132	7.52723
12	21.363526	6.607091	6.702556	5.18632	6.15083	7.757984
13	22.125996	4.671816	5.701186	5.127747	7.419951	9.728686
14	30.07133	8.187083	9.728738	8.46098	9.356206	10.840871

Tabla 5.6 Muestra de Potencias del Segundo Lapso de Tiempo Divididas en 14 Canales por Seis Diferentes Frecuencias

Pot	encia absolu	microvol	ts^2/Hz			
Can	al deltaPower	tetaPower	alfaPower	lowBeta	HighBeta	gammaPower
1	18.581596	2.818661	1.970386	1.423279	1.595789	1.60453
2	15.857141	2.87776	2.511017	1.871697	2.728809	3.051978
3	39.963493	5.055623	1.873067	0.996765	0.601103	0.384957
4	16.528323	2.812037	1.994351	1.37885	2.017949	2.228804
5	34.820314	7.116818	6.377575	4.571515	6.988693	7.773455
6	53.072785	8.006164	6.959893	5.50424	8.606918	9.716517
7	34.04486	5.360636	4.71585	2.937968	4.450882	4.680591
8	78.521773	8.733911	6.882524	5.043148	8.516343	9.806402
9	42.338291	7.297843	4.897497	4.858786	10.816079	12.087647
10	36.310209	4.011466	4.692417	4.700024	9.879135	11.721321
11	17.403217	4.590846	5.333375	4.223505	6.766249	7.753455
12	24.798942	6.520982	7.378872	5.230609	7.331264	7.882905
13	22.999122	4.653399	6.197848	5.297261	8.741375	10.01059
14	32.961099	7.83103	10.003451	8.540632	10.469141	10.623876

Como se puede observar en las tablas 5.5 y 5.6, las potencias están ordenadas del uno al 14, correspondiendo a cada uno de los canales del Emotiv EPOC

Para el análisis se dividieron los canales y frecuencias, en los cuatro diferentes lóbulos principales que corresponden al cerebro: frontal, temporal, parietal y occipital.

En esta primera parte del análisis, sólo se tomó en cuenta el lóbulo frontal, ya que como se puede observar en la tabla 5.7, los demás lóbulos solamente hacen uso de dos electrodos cada uno, por lo tanto, estos se descartarán hasta llegar a realizar la recopilación de los datos de todos los participantes y así contar con un tamaño de muestra más aceptable.

Tabla 5.7 Potencias Clasificadas en Frecuencias, Período de Tiempo y Lóbulos Cerebrales

Leo1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	10.11947	1.50714	1.373393	1.102591	1.23735	1.453848
	15.933253	2.353081	2.038887	1.658162	2.174285	2.895409
	16.691701	1.413546	0.539515	0.306926	0.214897	0.167636
	14.243728	2.023995	1.486021	1.160744	1.532935	2.097023
	14.762992	4.347525	4.674179	3.923802	5.667132	7.52723
	21.363526	6.607091	6.702556	5.18632	6.15083	7.757984
	22.125996	4.671816	5.701186	5.127747	7.419951	9.728686
	30.07133	8.187083	9.728738	8.46098	9.356206	10.840871
Temporal	50.768089	7.342993	5.52377	4.299757	5.579923	7.567645
	50.332254	4.345622	4.281865	4.359552	7.92031	10.701096
Parietal	44.715819	8.422081	6.462422	5.393183	7.084416	9.884966
	35.53144	7.551678	4.803796	4.46978	8.607882	12.183478
Occipital	47.547232	6.839969	5.281006	3.866641	4.775826	6.205105
	54.850963	9.813191	6.515782	5.088768	7.185722	9.966414
Leo3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	33.981972	5.398115	2.687503	1.983375	1.9494	1.844499
	21.694241	3.959971	2.833868	2.233778	3.029629	3.393122
	83.850718	11.287759	4.014515	2.166386	1.205198	0.658959
	25.764031	4.198922	2.454082	1.777865	2.252685	2.482868
	15.887831	5.46217	5.469931	4.7352	7.560014	9.184769
	22.474655	7.545442	7.164931	5.820267	8.047302	9.04109
	20.81271	5.265392	6.221065	5.929231	9.786848	11.683223
	29.701199	8.875509	9.974329	9.567988	11.750921	11.951957
Temporal	31.697123	7.835016	6.699859	5.005648	7.452457	8.572445
	36.308679	4.31796	4.753527	5.284655	10.468949	13.667386
Parietal	52.228535	8.725289	7.704311	6.334955	9.356154	10.993423
	44.905917	8.299001	5.834914	5.764264	11.249372	14.581713
Occipital	20.400944	4.414961	4.433459	2.836618	4.099062	4.60177
	99.659096	10.050446	7.022435	5.867087	9.064758	10.917279
Leo5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	136.484522	22.785544	8.347343	4.65479	3.21505	2.070934
	62.291017	11.301712	5.299023	3.448258	3.277666	3.024607
	347.467147	59.892096	19.461811	10.064457	5.152039	2.239615
	83.385877	14.744894	5.818851	3.407721	2.755152	2.27416
	15.777965	5.973195	6.496767	5.53025	7.109363	7.693266
	103.527615	6.666569	5.077111	3.885166	4.57347	4.783039
	27.158636	6.424358	6.929666	6.034064	8.324511	9.138728
	29.925604	8.362739	10.235714	8.898937	10.547891	10.332951
Temporal	28.218636	9.389359	7.322608	6.122524	6.762856	7.262526
	83.51559	13.521652	7.611477	6.381791	9.009819	10.281511
Parietal	40.562844	8.864589	8.292893	6.935257	8.114102	8.997435
	45.509579	6.86418	5.974882	5.852789	9.319256	11.438339
Occipital	10.372689	3.498808	3.727257	2.385633	2.630796	2.776655
	119.778709	16.411115	9.073087	7.175052	7.947602	8.825885

Potencias Clasificadas en Frecuencias, Período de Tiempo y Lóbulos Cerebrales  
(continuación)

Leo2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	18.581596	2.818661	1.970386	1.423279	1.595789	1.60453
	15.857141	2.87776	2.511017	1.871697	2.728809	3.051978
	39.963493	5.055623	1.873067	0.996765	0.601103	0.384957
	16.528323	2.812037	1.994351	1.37885	2.017949	2.228804
	17.403217	4.590846	5.333375	4.223505	6.766249	7.753455
	24.798942	6.520982	7.378872	5.230609	7.331264	7.882905
	22.999122	4.653399	6.197848	5.297261	8.741375	10.01059
	32.961099	7.83103	10.003451	8.540632	10.469141	10.623876
	34.820314	7.116818	6.377575	4.571515	6.988693	7.773455
	36.310209	4.011466	4.692417	4.700024	9.879135	11.721321
	53.072785	8.006164	6.959893	5.50424	8.606918	9.716517
	42.338291	7.297843	4.897497	4.858786	10.816079	12.087647
	34.04486	5.360636	4.71585	2.937968	4.450882	4.680591
	78.521773	8.733911	6.882524	5.043148	8.516343	9.806402
Leo4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	9.27189	1.539754	1.488773	1.187619	1.502603	1.524331
	12.059328	2.987303	2.372557	1.819703	2.74301	2.977426
	14.89915	1.390184	0.533717	0.333708	0.192509	0.138687
	11.115506	2.63395	1.736144	1.318177	1.969765	2.145549
	16.360846	5.783006	6.31811	5.090824	7.528864	8.390762
	22.777149	7.572878	7.709967	5.98962	7.800709	8.351026
	22.558246	5.489338	6.896176	5.630707	9.19541	10.283426
	33.332015	8.457609	10.580172	8.530322	10.919563	10.824666
Temporal	34.66094	10.28536	6.683445	4.859286	7.206701	7.674978
	49.335505	5.923381	5.590788	5.587346	9.918006	11.686446
Parietal	62.587823	11.176806	7.54959	6.109166	8.815915	9.802555
	48.52992	6.563401	5.521992	5.886149	10.295824	12.193061
Occipital	16.302424	4.233766	3.553775	2.188331	3.217572	3.361856
	114.375824	13.147742	7.398496	5.953244	8.475226	9.67728

El siguiente paso es comprobar que hay normalidad en los datos de cada una de las muestras que se van a analizar, para esto es necesario usar el método de Shapiro-Wilk para muestras pequeñas, como se muestra en las figura 5.12 y 5.13; este paso es importante, ya que con la comprobación de esto podemos asumir que no habrá ningún inconveniente al realizar el estudio estadístico.

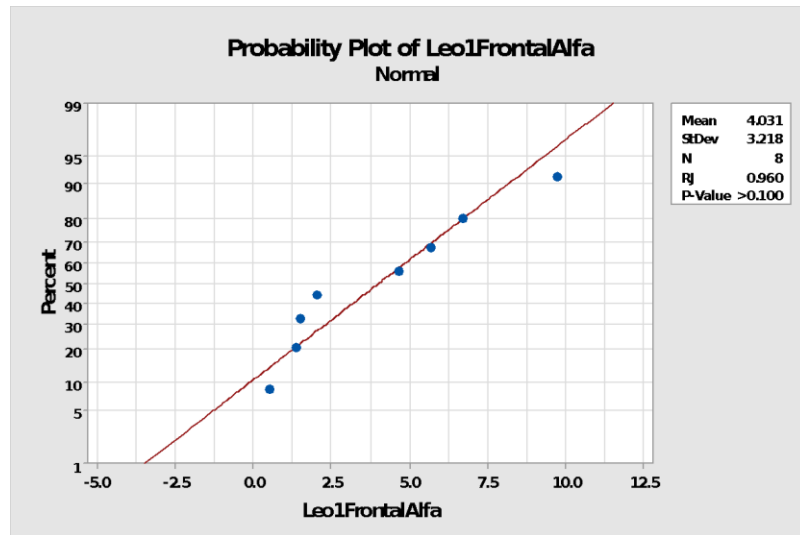


Figura 5.12 Prueba de Normalidad en los Datos de Alfa, en el Lóbulo Frontal del Período de Tiempo “Leo1” (Fuente: Minitab)

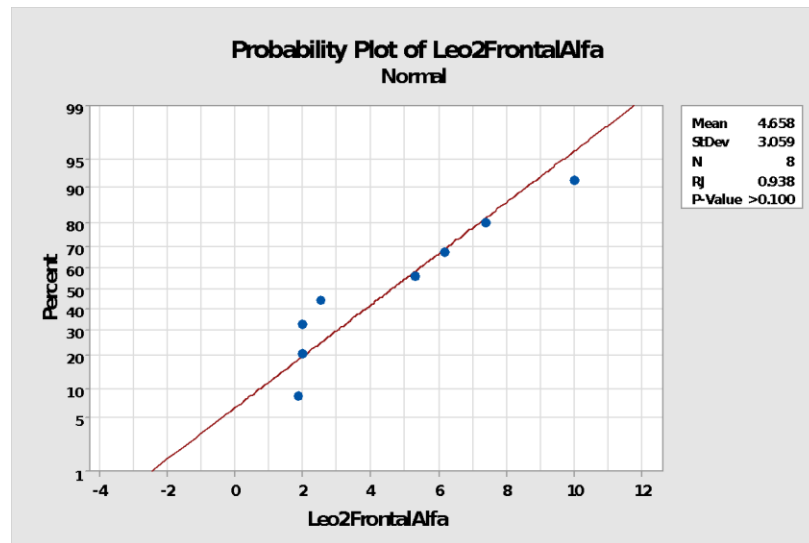


Figura 5.13 Prueba de Normalidad en los Datos de Alfa, en el Lóbulo Frontal del Período de Tiempo “Leo2” (Fuente: Minitab)

Para medir la significancia entre los períodos de tiempo, se decidió utilizar el método de la prueba T o siendo más exactos la T pareada; esta último tiene su uso cuando se pretende analizar cambios significativos entre dos muestras y estas provienen de una misma entidad de estudio, en este caso el comportamiento de las ondas cerebrales en una curva de aprendizaje.

Tabla 5.8 Tablas con la Comparación entre Tiempos y sus  $p$ -value

Regiones		Leo1	Leo2	Pvalue
Frontal	Delta	18.1639995	23.6366166	0.081824314
	Theta	3.88890963	4.64504225	0.139150083
	Alfa	4.03055938	4.65779588	0.000750248
	Low Beta	3.365909	3.62032475	0.008833276
	High Beta	4.21919825	5.03145988	0.000718894
	Gamma	5.30858588	5.44263688	0.041172819

Regiones		Leo2	Leo3	Pvalue
Frontal	Delta	23.6366166	31.7709196	0.191893617
	Theta	4.64504225	6.49916	0.026100482
	Alfa	4.65779588	5.102528	0.135775297
	Low Beta	3.62032475	4.27676125	0.000367295
	High Beta	5.03145988	5.69774963	0.001428594
	Gamma	5.44263688	6.28006088	0.006324767

Regiones		Leo3	Leo4	Pvalue
Frontal	Delta	31.7709196	17.7967663	0.14757628
	Theta	6.49916	4.48175275	0.143535147
	Alfa	5.102528	4.704452	0.464841244
	Low Beta	4.27676125	3.737585	0.063929065
	High Beta	5.69774963	5.23155413	0.005029721
	Gamma	6.28006088	5.57948413	0.001450571

Regiones		Leo4	Leo5	Pvalue
Frontal	Delta	17.7967663	100.752298	0.072097157
	Theta	4.48175275	17.0188884	0.121382941
	Alfa	4.704452	8.45828575	0.163085802
	Low Beta	3.737585	5.74045538	0.151211941
	High Beta	5.23155413	5.61939275	0.655067199
	Gamma	5.57948413	5.1946625	0.522607299

En la tabla 5.8 podemos observar la comparativa entre los distintos períodos de tiempo con sus respectivas frecuencias en lóbulo frontal. Al utilizar la T pareada y obtener un  $p$ -value menor a un nivel de significancia del 0.05, se puede concluir con seguridad que los datos sombreados en rojo indican mayor cambio dentro de la curva de aprendizaje de este sujeto de prueba. Cabe recalcar que entre más bajo sea el valor al 0.05 más significativo es el cambio de las ondas cerebrales entre períodos de tiempo.

Para complementar de manera visual el cómo se comportan las potencias, se elaboraron diagramas de columnas en las cuales solo muestran los valores significantes en comparativa con la curva de aprendizaje que fue resultado de la manufactura con LEGOS, tal como se muestra en la figura 5.14.

Dentro de los gráficos se puede apreciar que hay más valor de potencia en frecuencias bajas tales como en Theta, esto es normal, ya que una persona saludable suele tener mayor actividad de estas. Si por lo contrario hubiera mayor numeración en señales como en Beta o Gamma dentro de todo el estudio, hubiera varias posibilidades con esto; desde un exceso de ruido, un problema con el hardware o en casos más extremos un problema cerebral en la persona.



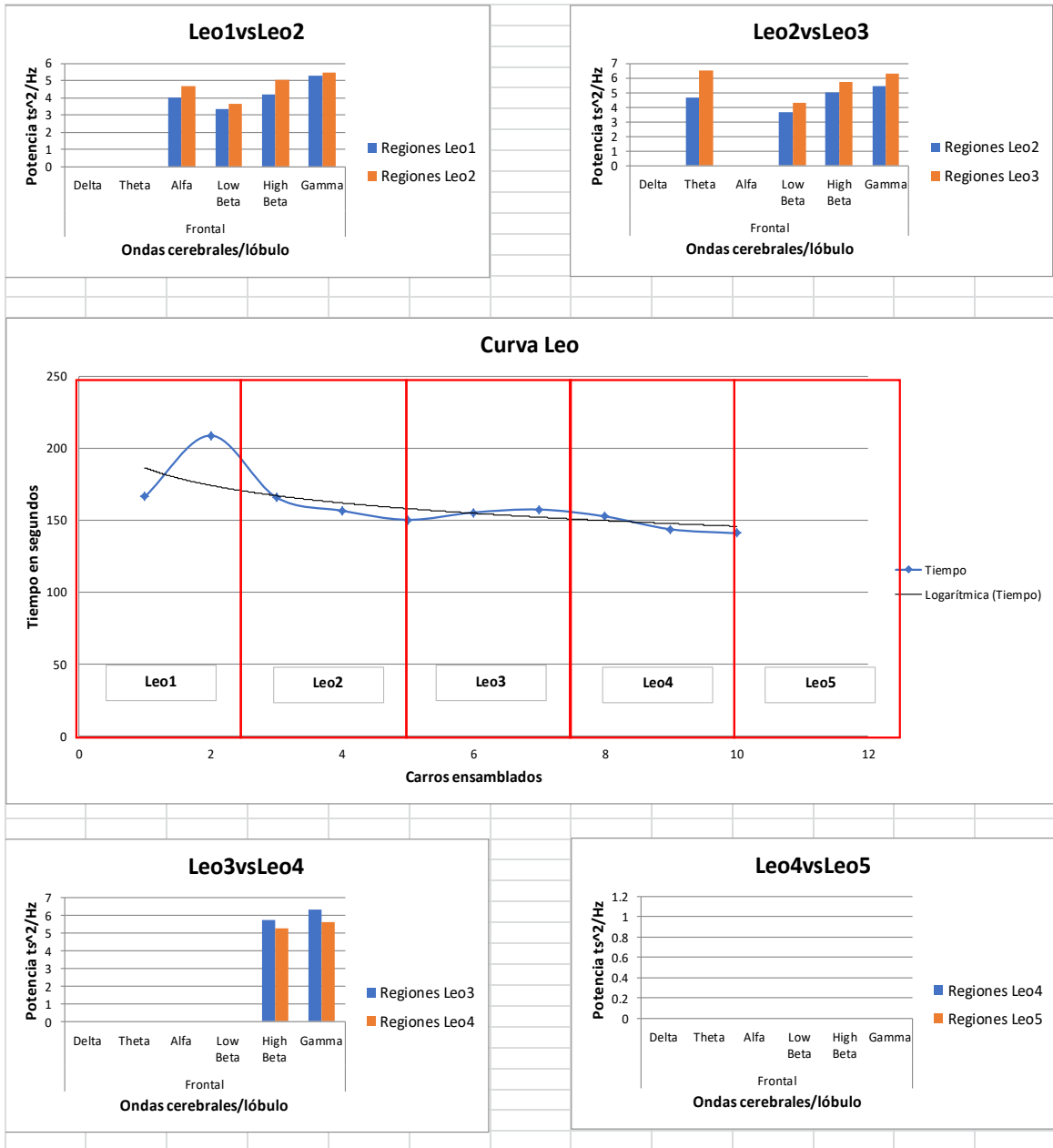


Figura 5.14 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje

Por último, también se graficaron los puntos significantes. En la figura 5.15 podemos observar que en donde existió mayor cambio de actividad significante en el estudio fue entre las ondas Low Beta y High Beta.

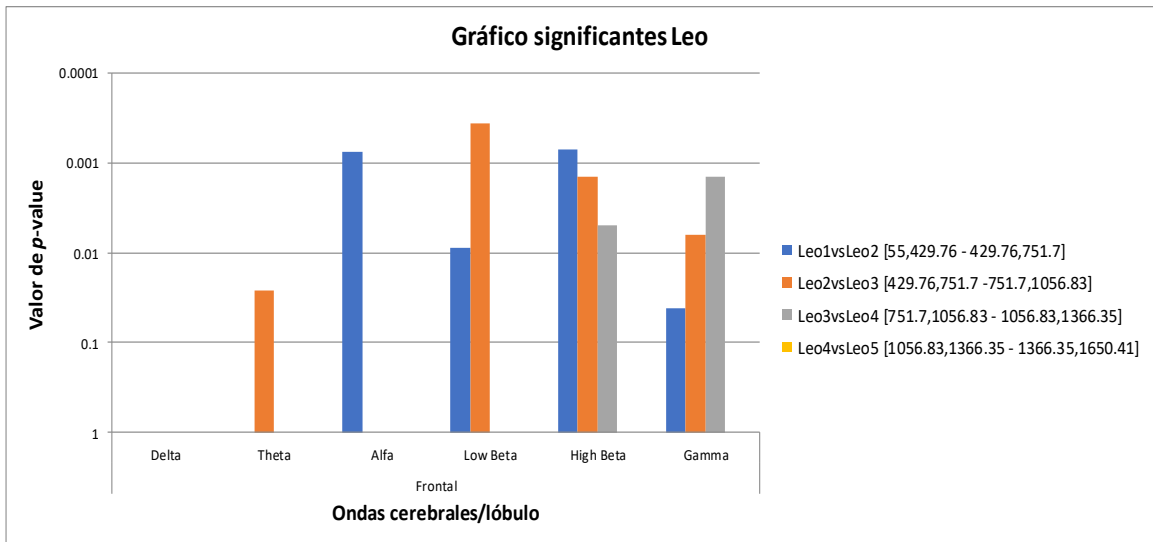


Figura 5.15 Gráfica de los Puntos con más Significancia Dentro del Estudio

Para el siguiente y los demás participantes del experimento se realizó la misma prueba de normalidad

En la figura 5.16 al igual que en el análisis anterior, se hace una comparativa de las potencias más significantes junto con su curva de aprendizaje; a simple vista se puede observar que donde existe mayor actividad es Alfa, Low Beta y High Beta. (Figura 5.17)

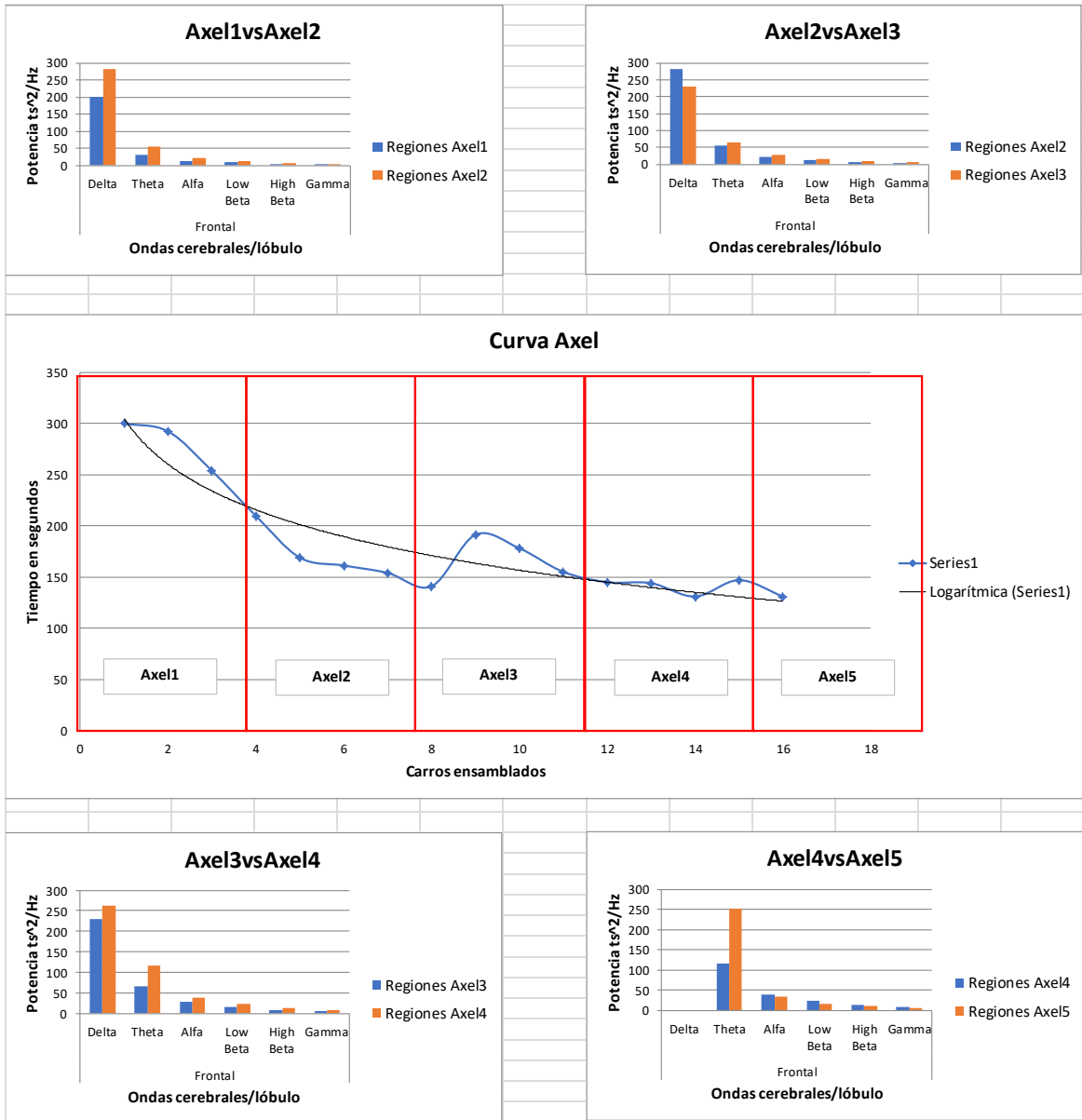


Figura 5.16 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para el Sujeto 2

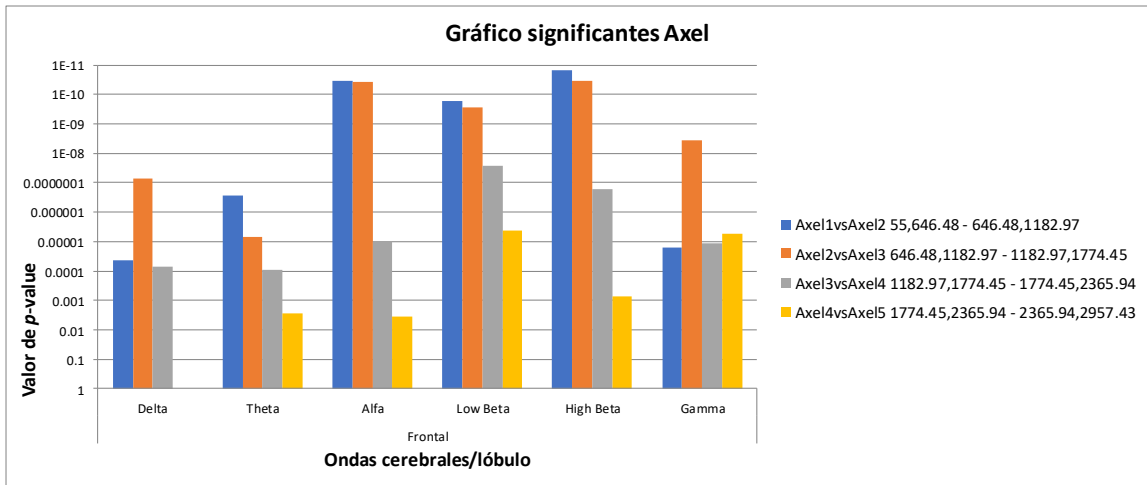


Figura 5.17 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 2

Y tal como se menciona, se realizó los mismos procedimientos con los demás sujetos de prueba, como se muestra desde la figura 5.18 hasta la figura 5.27.

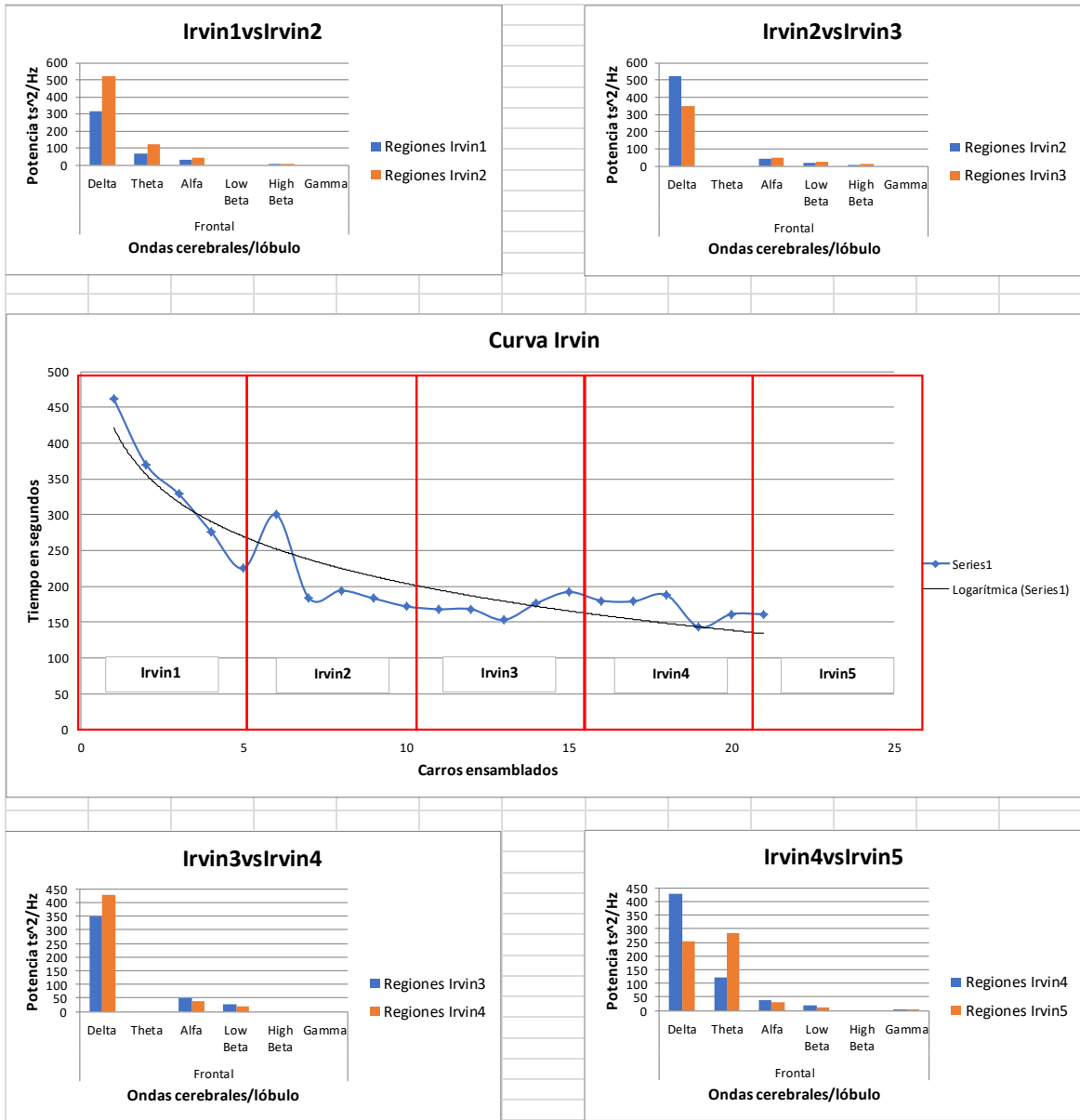


Figura 5.18 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 3

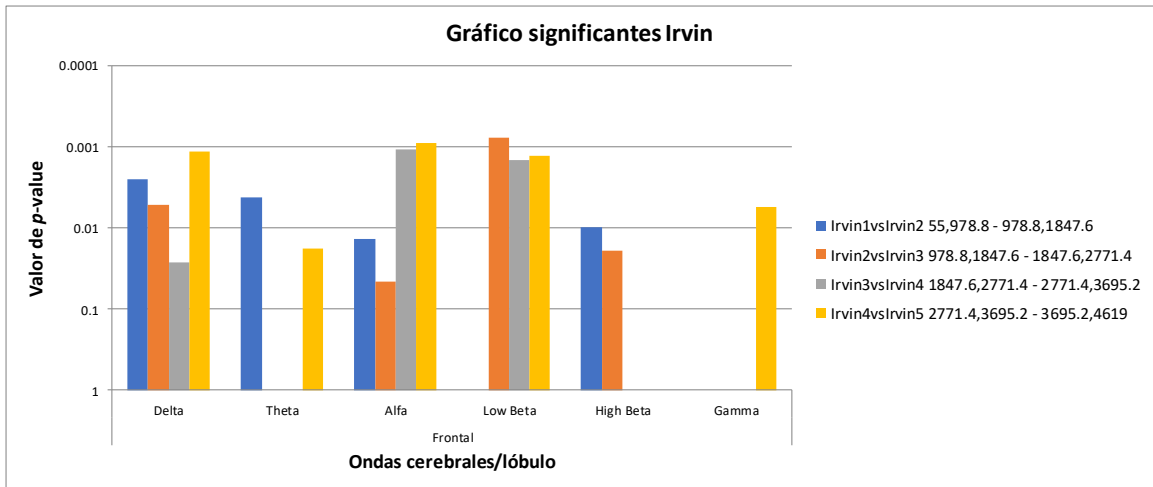


Figura 5.19 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 3

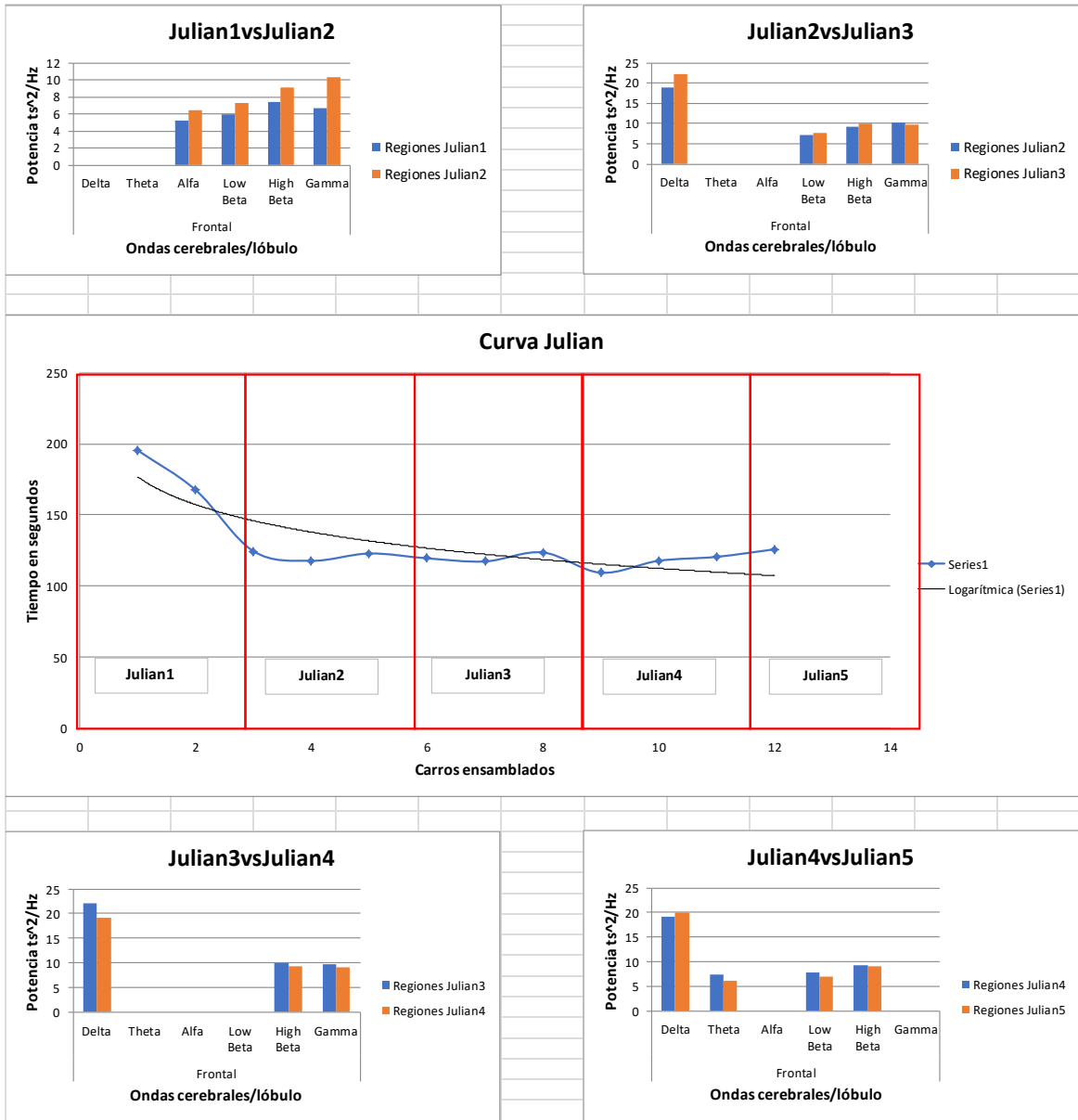


Figura 5.20 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 4

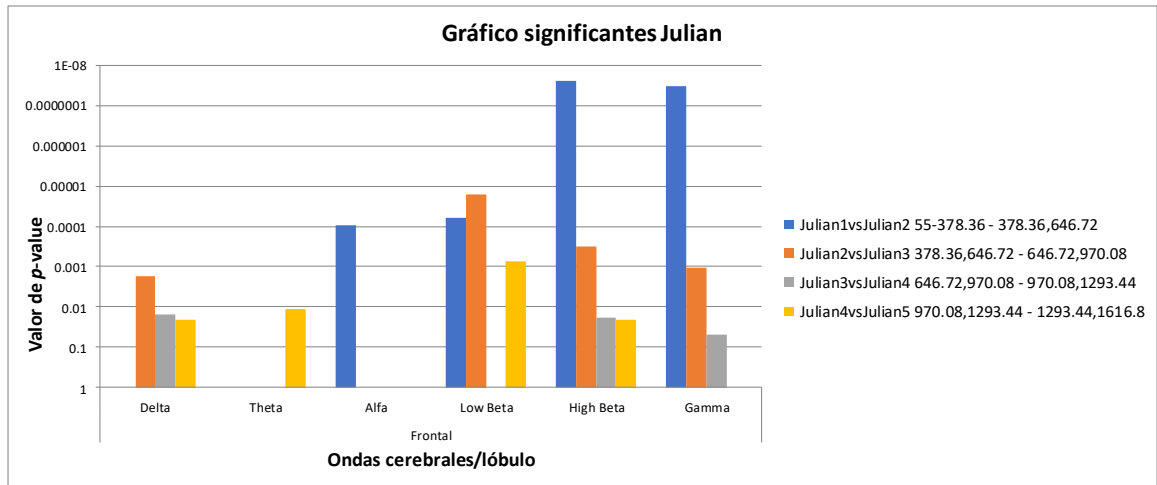


Figura 5.21 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 4



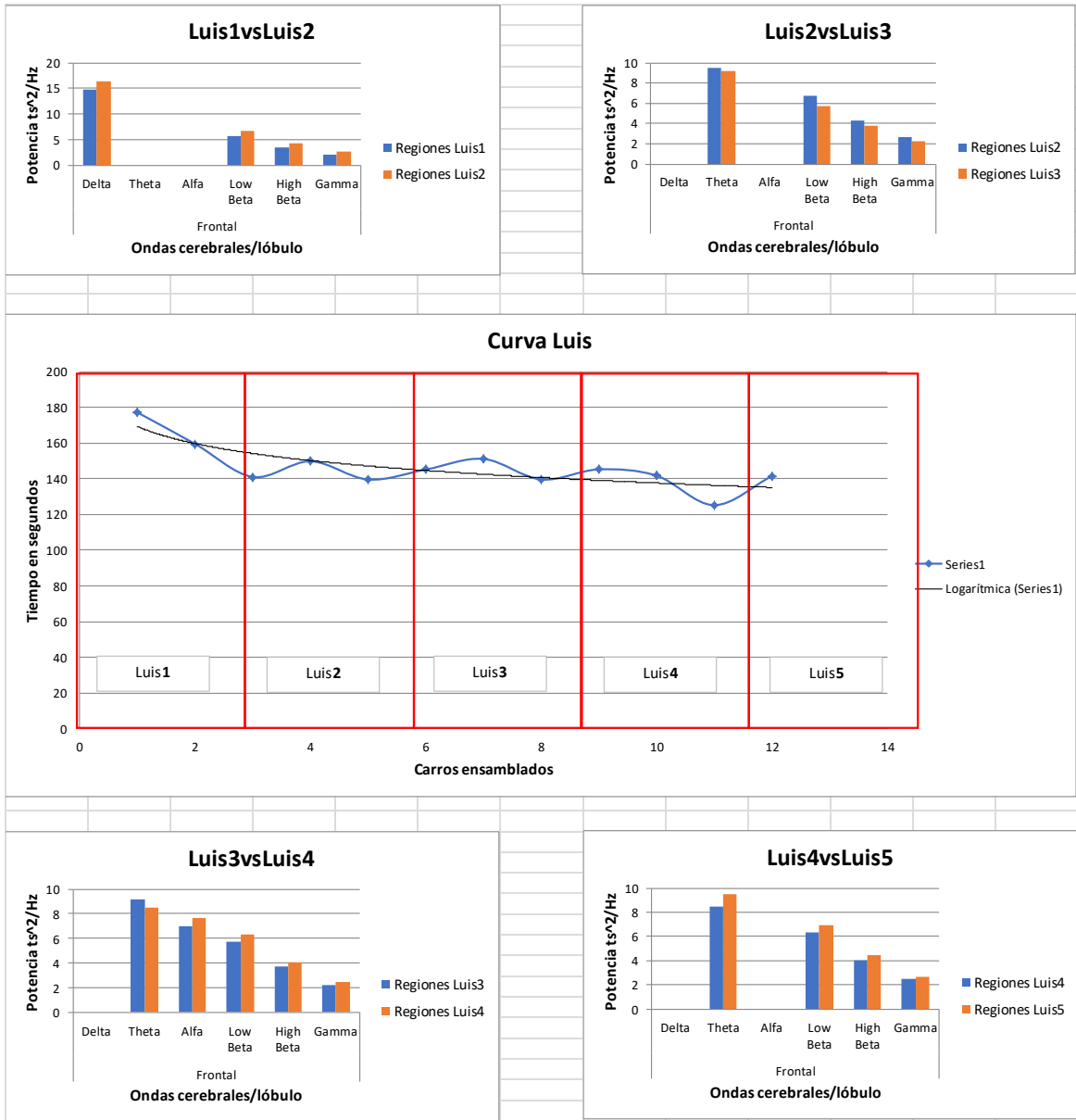


Figura 5.22 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 5

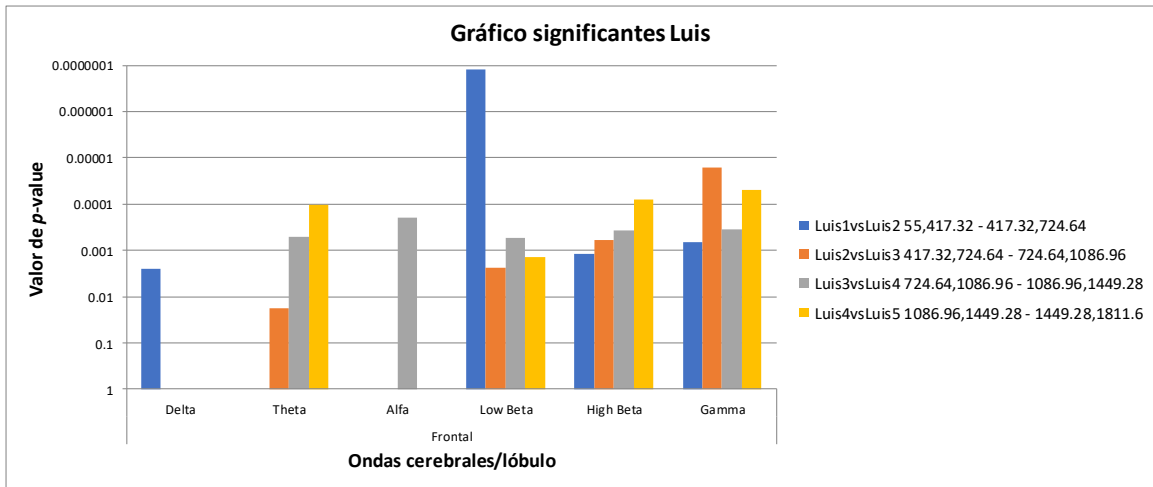


Figura 5.23 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 5

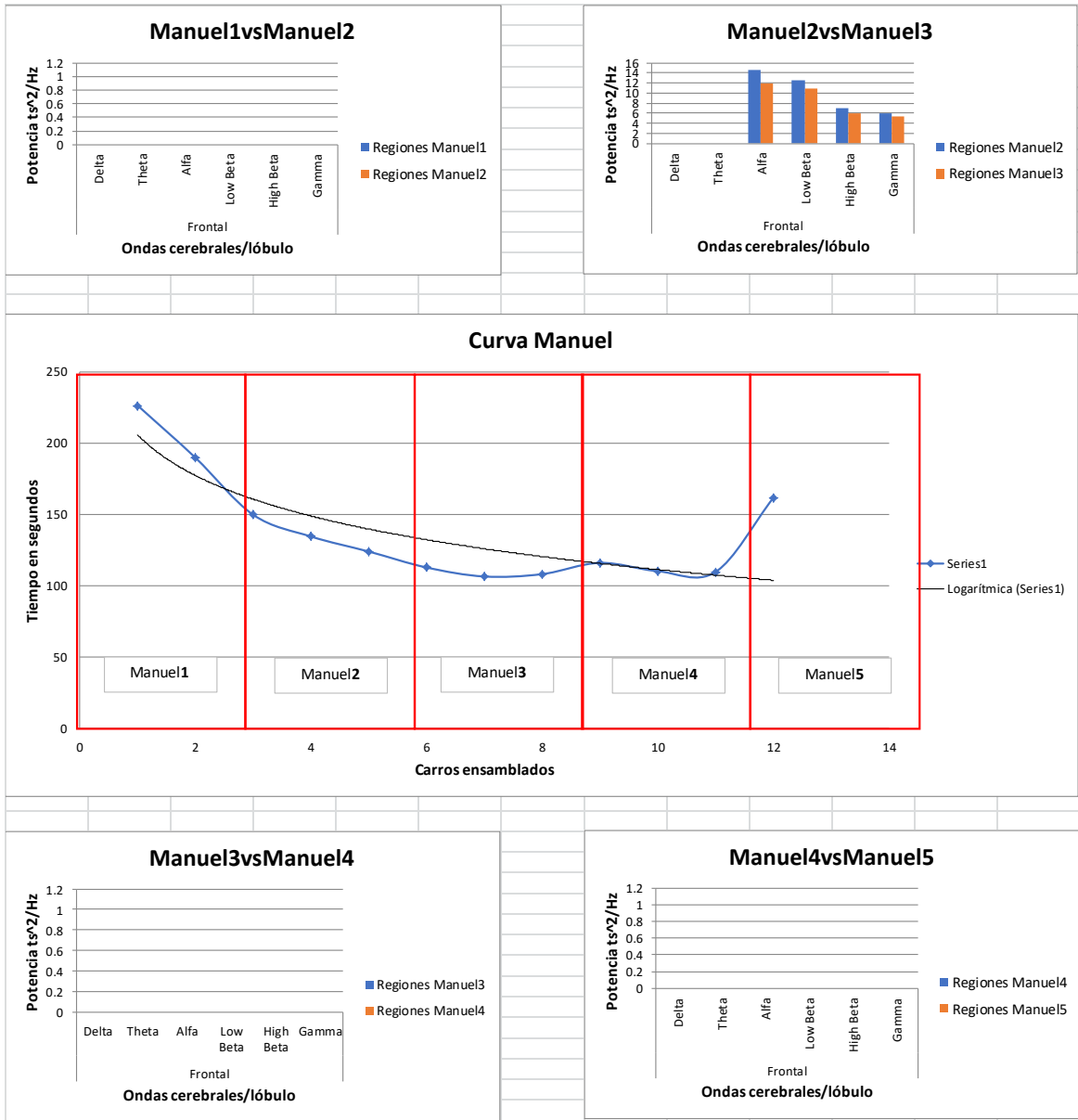


Figura 5.24 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 6

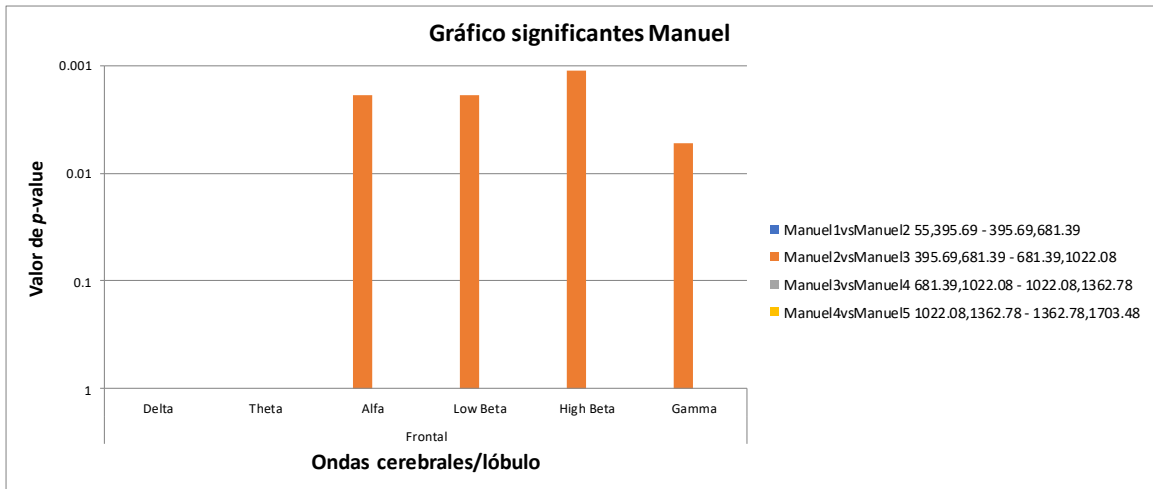


Figura 5.25 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 6

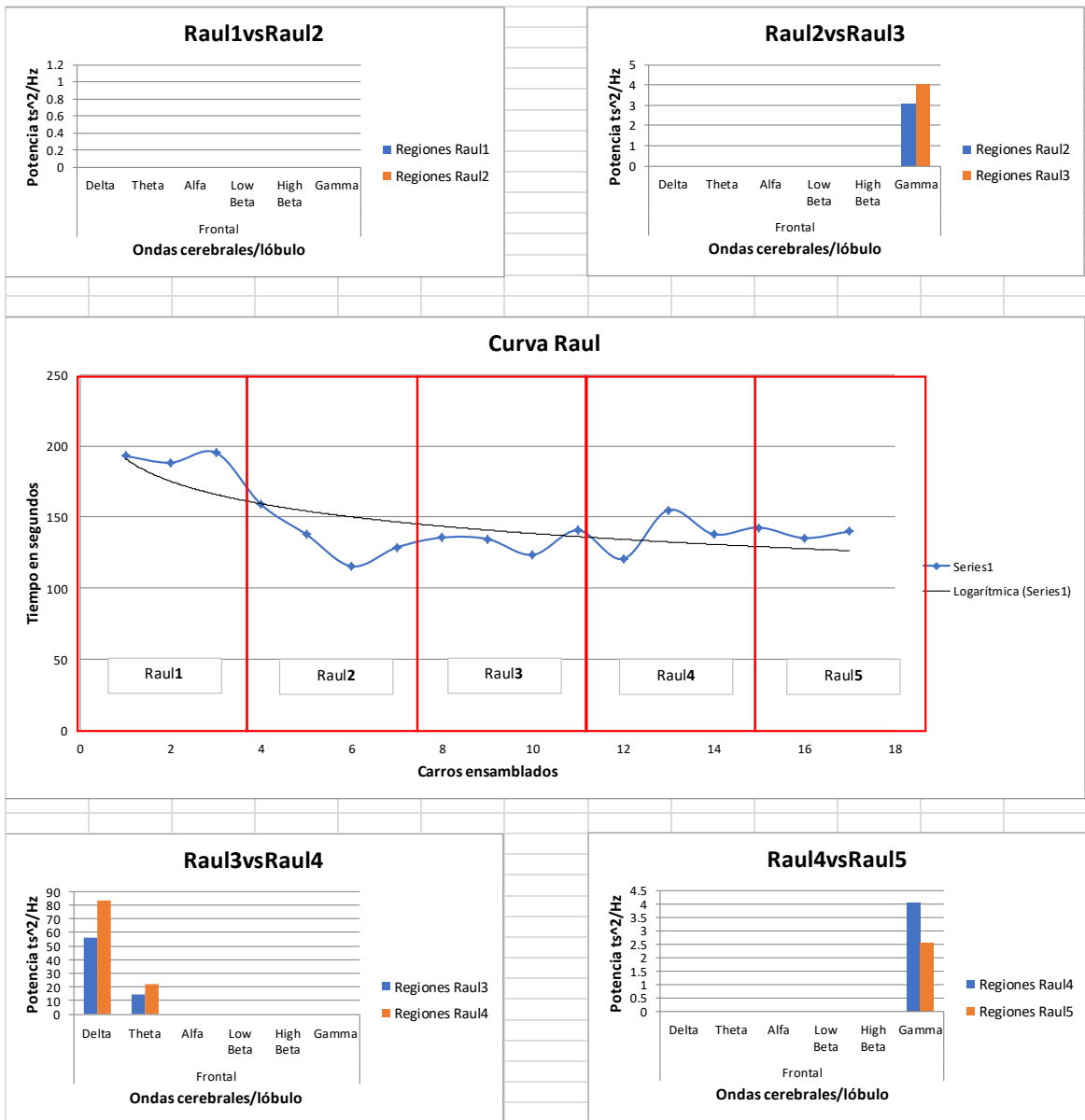


Figura 5.26 Comparación Gráfica de los Diferentes Períodos de Tiempo en Contraste a la Curva de Aprendizaje para Sujeto 7

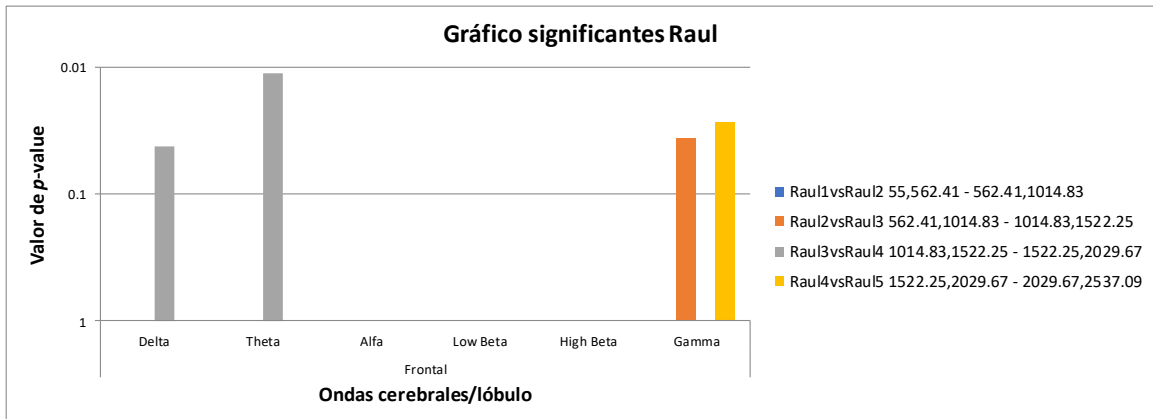


Figura 5.27 Gráfica de los Puntos con Cambios Significancia Dentro del Estudio de Sujeto 7

### 5.1.3.2. Análisis de Significancia de Todos los Datos

Al finalizar con los análisis individuales por participante, se procede al nivel de significancia de todos los datos. En esta sección se agregaron los lóbulos faltantes.

Inicialmente se empieza por comprobar que las medias tengan un comportamiento normal, lo cual en esta situación, siendo medias con más de 30 datos se utilizara el método de Kolmogorov-Smirnov. Pero en este caso en particular y por la variación de potencias entre sujetos de prueba, en la figura 5.28 se observa que existe anormalidad entre los datos.

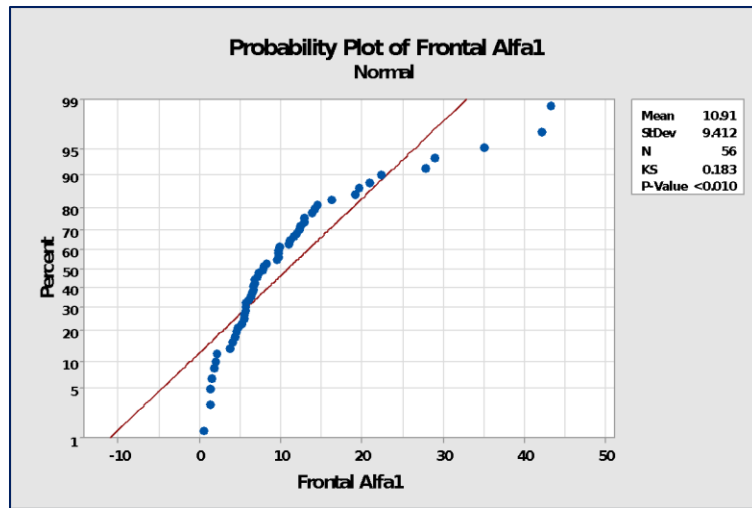


Figura 5.28 Gráfica de Anormalidad en los Datos del Lóbulo Frontal en Alfa (**Fuente:** Minitab)

Como el  $p$ -value del lóbulo frontal Alfa tiene un valor de 0.01, se debe de rechazar la hipótesis nula. Sin embargo, efectuando la transformada de los datos en raíz cuadrada y volviendo a realizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov se logra obtener la normalidad entre el conjunto de estos datos (Fig 5.29). Debe de tenerse en cuenta que al realizar la transformación con el exponente matemático de la raíz cuadrada, al realizar el análisis estadístico tendrá que hacerse con el nuevo conjunto de datos.

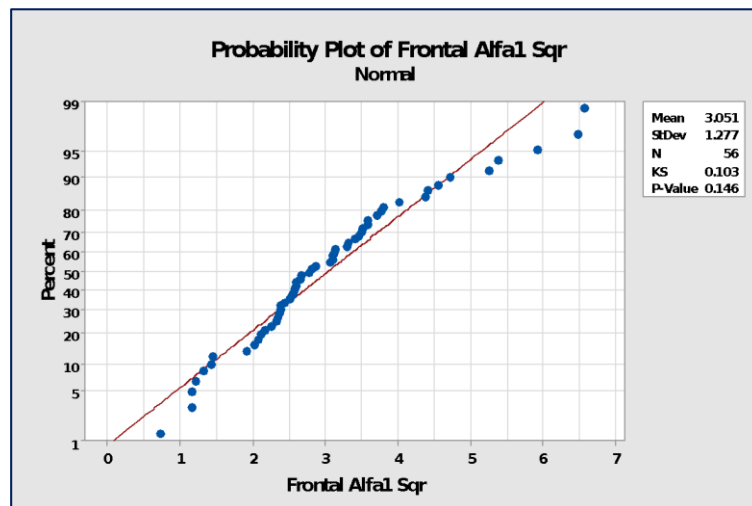


Figura 5.29 Gráfica de Normalidad en los Datos del Lóbulo Frontal en Alfa (**Fuente:** Minitab)

Terminando de transformar y verificar que todos los juegos de medias se comportaran de manera normal, el resultado se muestra en la tabla 5.9.

Tabla 5.9 Tablas de los Valores más Significantes (rojo) y sus *p*-values

Regiones		Todos1	Todos2	Pvalue	Regiones		Todos3	Todos4	Pvalue
Frontal	Delta	97.0278291	146.160309	-	Frontal	Delta	106.235576	128.390879	-
	Theta	20.6873449	33.2781966	-		Theta	32.0586402	42.0825298	-
	Alfa	10.908731	15.3351132	-		Alfa	16.2716353	16.7995471	-
	Low Beta	8.1737265	9.46196375	-		Low Beta	10.9069815	11.1969522	-
	High Beta	5.20500668	6.45510389	7.99935E-07		High Beta	7.15342779	7.54269113	-
	Gamma	4.3800672	5.20341186	0.001624438		Gamma	5.68013205	5.65066852	-
Temporal	Delta	115.86362	154.583513	0.685361622	Temporal	Delta	132.199498	145.933531	0.6193379
	Theta	24.4182339	34.3300409	0.293325864		Theta	37.7466049	47.2204736	0.20454781
	Alfa	11.5715102	16.039642	0.003918279		Alfa	19.1069204	18.1179844	0.65373035
	Low Beta	8.22896164	9.964743	0.001834229		Low Beta	12.3931576	12.2710383	0.80040856
	High Beta	6.19075579	7.83505164	0.001243878		High Beta	9.23939236	9.06523114	0.8105738
	Gamma	5.69771157	6.99535871	0.01427364		Gamma	7.91463357	7.44152621	0.24171976
Parietal	Delta	97.5915153	121.503131	0.149965242	Parietal	Delta	107.232847	114.23536	0.63202645
	Theta	19.0522295	25.3108444	0.095969567		Theta	29.5230133	34.5279974	0.69364994
	Alfa	9.22091879	11.9056144	0.004906225		Alfa	14.7921003	14.5545067	0.52742505
	Low Beta	7.11014136	8.28901486	0.002862222		Low Beta	10.5495293	10.63949	0.45492572
	High Beta	6.23098686	7.52793421	0.001331771		High Beta	9.39354014	8.63550314	0.34116566
	Gamma	5.9506645	7.09672336	0.016725223		Gamma	8.8691145	7.73836764	0.07539656
Occipital	Delta	80.8053709	123.633692	0.194830833	Occipital	Delta	95.3262871	103.607122	0.19740282
	Theta	17.0486079	27.3188381	0.191186207		Theta	27.7404571	36.4798988	0.2358536
	Alfa	10.1418247	13.7127903	0.002384347		Alfa	14.7525226	14.8425302	0.57947455
	Low Beta	7.74915757	9.29421314	0.007758175		Low Beta	10.7564656	10.9906461	0.61245092
	High Beta	5.86153143	7.17308921	0.000291548		High Beta	8.17920471	7.98394286	0.81668357
	Gamma	5.33783586	6.37873729	0.046694164		Gamma	7.14665679	6.56306529	0.253716
Regiones		Todos2	Todos3	Pvalue	Regiones		Todos4	Todos5	Pvalue
Frontal	Delta	146.160309	106.235576	-	Frontal	Delta	128.390879	110.396245	-
	Theta	33.2781966	32.0586402	-		Theta	42.0825298	85.2836183	-
	Alfa	15.3351132	16.2716353	-		Alfa	16.7995471	15.0195854	-
	Low Beta	9.46196375	10.9069815	-		Low Beta	11.1969522	9.20050789	-
	High Beta	6.45510389	7.15342779	-		High Beta	7.54269113	6.87981721	0.06586345
	Gamma	5.20341186	5.68013205	-		Gamma	5.65066852	4.91210541	-
Temporal	Delta	154.583513	132.199498	0.733354056	Temporal	Delta	145.933531	122.17958	0.59736725
	Theta	34.3300409	37.7466049	0.125371506		Theta	47.2204736	87.1829761	0.13192705
	Alfa	16.039642	19.1069204	0.29297038		Alfa	18.1179844	16.9198837	0.7355829
	Low Beta	9.964743	12.3931576	0.091287127		Low Beta	12.2710383	10.1131778	0.09052647
	High Beta	7.83505164	9.23939236	0.018043586		High Beta	9.06523114	8.14444929	0.08416076
	Gamma	6.99535871	7.91463357	0.074149346		Gamma	7.44152621	6.59405193	0.06132754
Parietal	Delta	121.503131	107.232847	0.337152292	Parietal	Delta	114.23536	95.5017031	0.13009827
	Theta	25.3108444	29.5230133	0.521260929		Theta	34.5279974	50.5841	0.90466218
	Alfa	11.9056144	14.7921003	0.185595754		Alfa	14.5545067	13.4128817	0.36367613
	Low Beta	8.28901486	10.5495293	0.046449387		Low Beta	10.63949	8.57842964	0.0438192
	High Beta	7.52793421	9.39354014	0.031279569		High Beta	8.63550314	7.97648393	0.12862092
	Gamma	7.09672336	8.8691145	0.077526001		Gamma	7.73836764	7.06353864	0.10691085
Occipital	Delta	123.633692	95.3262871	0.224228285	Occipital	Delta	103.607122	102.297943	0.35705282
	Theta	27.3188381	27.7404571	0.512166929		Theta	36.4798988	54.4295019	0.19493732
	Alfa	13.7127903	14.7525226	0.411348917		Alfa	14.8425302	14.1612024	0.93310026
	Low Beta	9.29421314	10.7564656	0.05752971		Low Beta	10.9906461	9.181213	0.05088012
	High Beta	7.17308921	8.17920471	0.051306591		High Beta	7.98394286	7.07539657	0.03297549
	Gamma	6.37873729	7.14665679	0.178522009		Gamma	6.56306529	5.75615564	0.05179011



Viendo la tabla 5.9 se puede apreciar que algunos valores en el lóbulo frontal no se encuentran registrados, siendo la principal razón que, aún utilizando todos los métodos de transformación de datos, no se pudo lograr una normalidad; esto se debe, como se mencionó con anterioridad, existen en la base de datos cantidades demasiado grandes o pequeñas que no permiten el comportamiento adecuado en el modelo.

Eliminando solo los valores que sobrepasaron el nivel de significancia de 0.05 y posteriormente graficar las potencias de esos niveles, como se muestra en la figura 5.30 se logra observar el siguiente comportamiento de potencias.

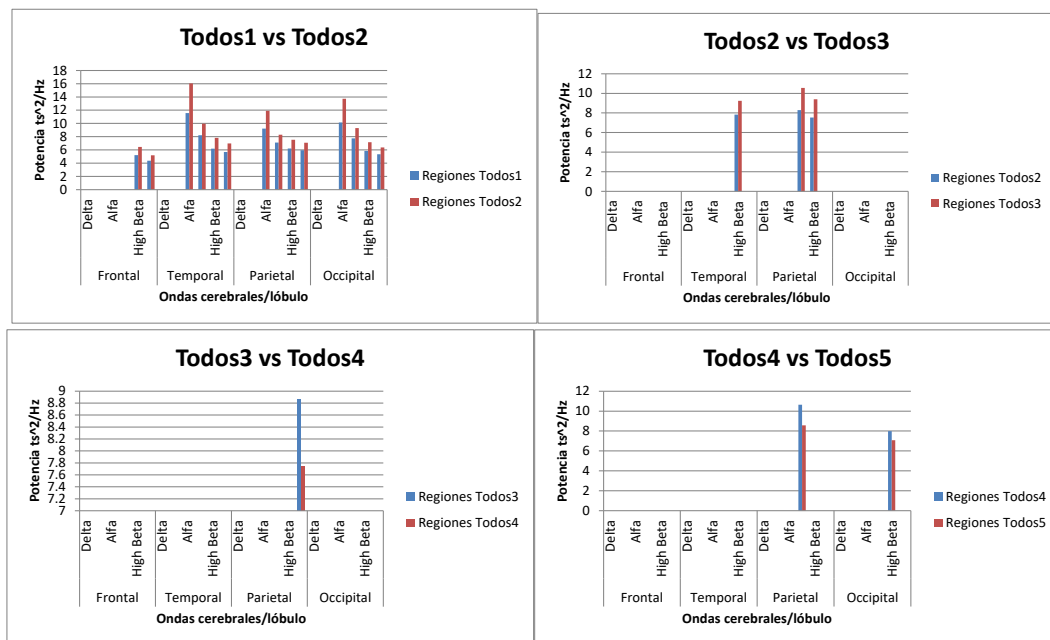


Figura 5.30 Potencias con más Significancia

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al realizar el análisis de cada uno de los datos se determinó cual frecuencia cerebral representó una mayor actividad en el lóbulo frontal. Para esto se recopiló toda la información en una sola tabla de datos y se graficó.

Dentro de la tabla 6.1 y basándonos en la investigación de Awad Aljuaid (2016) de la Universidad Central de Florida, se concluye de acuerdo con los  $p$ -value menores al nivel de significancia de 0.05 que las ondas cerebrales en el lóbulo frontal que tuvieron más activación fueron las ondas Low Beta y High Beta en el período del alcance de la curva de aprendizaje en todos los sujetos de prueba. Se muestra con una escala de colores los cambios significativos, siendo rojo un valor con mayor actividad a verde el de menor cambio.

Tabla 6.1  $p$ -values más Significantes de Todos los Sujetos de Prueba dentro del Lóbulo Frontal

Menos significativo	Mas significativo	Frontal					
		Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gama
Axel1vsAxel2 [55seg a 646.48seg - 646.48seg a 1182.97seg]		4.35384E-05	2.78001E-07	3.40299E-11	1.68879E-10	1.55986E-11	1.65334E-05
Axel2vsAxel3 [646.48seg a 1182.97seg - 1182.97seg a 1774.45seg]		7.1266E-08	7.15361E-06	3.71429E-11	2.85144E-10	3.38121E-11	3.48822E-09
Axel3vsAxel4 [1182.97seg a 1774.45seg - 1774.45seg a 2365.94seg]		7.29999E-05	8.82859E-05	9.43745E-06	2.57235E-08	1.63341E-07	1.11751E-05
Axel4vsAxel5 [1774.45seg a 2365.94seg - 2365.94seg a 2957.43seg]		NS	0.002718016	0.003663741	4.11574E-06	0.000761734	5.40372E-06
Julian1vsJulian2 [55seg a 378.36seg - 378.36seg a 646.72seg]		NS	NS	9.35556E-05	5.97153E-05	2.42748E-08	3.35854E-08
Julian2vsJulian3 [378.36seg a 646.72seg - 646.72seg a 970.08seg]		0.00173464	NS	NS	1.64281E-05	0.000322565	0.001075385
Julian3vsJulian4 [646.72seg a 970.08seg - 970.08seg a 1293.44seg]		0.015291529	NS	NS	NS	0.018635116	0.048270703
Julian4vsJulian5 [970.08seg a 1293.44seg - 1293.44seg a 1616.8seg]		0.021346672	0.011482535	NS	0.000746249	0.020994016	NS
Irvin1vsIrvin2 [55 seg a 978.8seg - 978.8seg a 1847.6seg]		0.002562447	0.004291498	0.013619917	NS	0.009785046	NS
Irvin2vsIrvin3 [978.8seg a 1847.6seg - 1847.6seg a 2771.4seg]		0.005274255	NS	0.046289726	0.000776758	0.019271219	NS
Irvin3vsIrvin4 [1847.6seg a 2771.4seg - 2771.4seg a 3695.2seg]		0.02678045	NS	0.001093474	0.001476282	NS	NS
Irvin4vsIrvin5 [2771.4seg a 3695.2seg - 3695.2seg a 4619seg]		0.001146022	0.01811397	0.000917233	0.001317597	NS	0.005567099
Leo1vsLeo2 [55seg a 429.76seg - 429.76seg a 751.7seg]		NS	NS	0.000750248	0.008833276	0.000718894	0.041172819
Leo2vsLeo3 [429.76seg a 751.7seg - 751.7seg a 1056.83seg]		NS	0.026100482	NS	0.000367295	0.001428594	0.006324767
Leo3vsLeo4 [751.7seg a 1056.83seg - 1056.83seg a 1366.35seg]		NS	NS	NS	NS	0.005029721	0.001450571
Leo4vsLeo5 [1056.83seg a 1366.35seg - 1366.35seg a 1650.41seg]		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Luis1vsLuis2 [55seg a 417.32seg - 417.32seg a 724.64seg]		0.002480883	NS	NS	1.21864E-07	0.001210255	0.000655789
Luis2vsLuis3 [417.32seg a 724.64seg - 724.64seg a 1086.96seg]		NS	0.01794799	NS	0.002327343	0.000595629	1.65033E-05
Luis3vsLuis4 [724.64seg a 1086.96seg - 1086.96seg a 1449.28seg]		NS	0.000499148	0.000195095	0.000524435	0.000364015	0.000354836
Luis4vsLuis5 [1086.96seg a 1449.28seg - 1449.28seg a 1811.6seg]		NS	0.000106442	NS	0.001371672	8.02513E-05	4.98084E-05
Manuel1vsManuel2 [55seg a 395.69seg - 395.69seg a 681.39seg]		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Manuel2vsManuel3 [395.69seg a 681.39seg - 681.39seg a 1022.08seg]		NS	NS	0.001902036	0.00187003	0.001113545	0.005231426
Manuel3vsManuel4 [681.39seg a 1022.08seg - 1022.08seg a 1362.78seg]		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Manuel4vsManuel5 [1022.08seg a 1362.78seg - 1362.78seg a 1703.48seg]		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Raul1vsRaul2 [55seg a 562.41seg - 562.41seg a 1014.83seg]		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Raul2vsRaul3 [562.41,1014.83 - 1014.83,1522.25]		NS	NS	NS	NS	NS	0.036877341
Raul3vsRaul4 [1014.83seg a 1522.25seg - 1522.25seg a 2029.67seg]		0.042481038	0.011150072	NS	NS	NS	NS
Raul4vsRaul5 [1522.25seg a 2029.67seg - 2029.67seg a 2537.09seg]		NS	NS	NS	NS	NS	0.027274296

Se realizó un análisis comparativo de los  $p$ -value más significantes en todas las regiones del cerebro (frontal, temporal, parietal y occipital). Se encontró que la onda cerebral que predomina sobre todos los valores es High Beta con nivel de significancia de  $7.9994 \times 10^{-7}$ , en la región frontal.

Se explicará detalladamente la explicación del gráfico 6.1 en la sección de conclusiones.

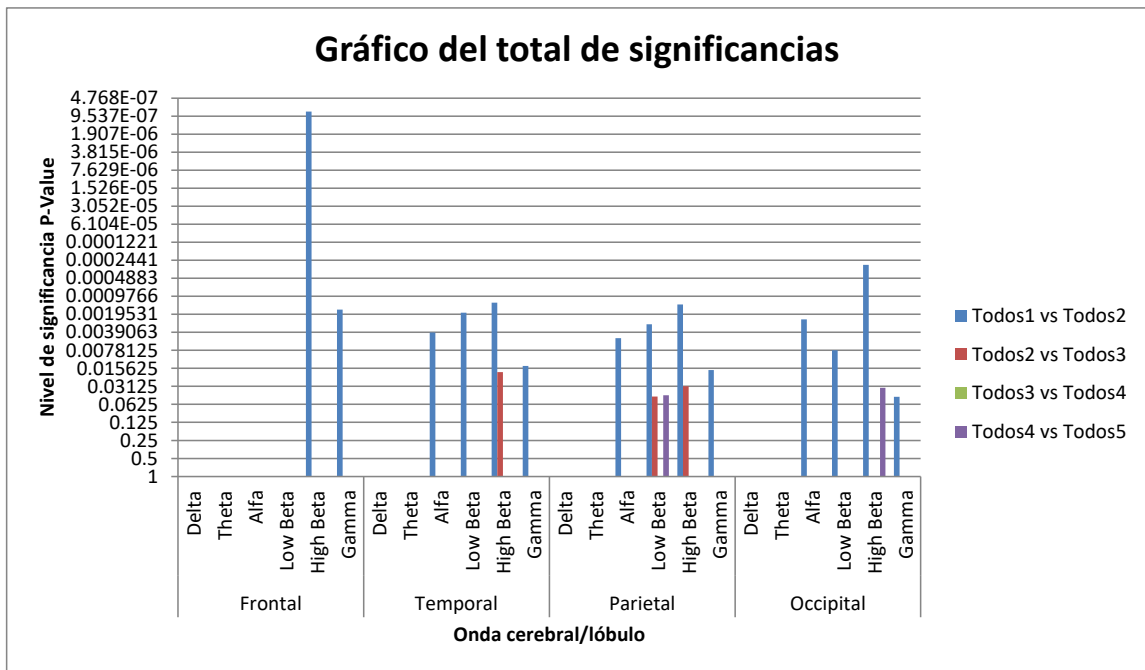


Figura 6.1  $p$ -values de Todos los Sujetos de Prueba en los Diferentes Lóbulos Cerebrales

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A lo largo de este estudio, el análisis de señales basadas en una curva de aprendizaje, se encontró que los cambios cerebrales al elaborar un producto desde el nulo conocimiento hasta alcanzar el tiempo estándar están presentes desde el inicio del entrenamiento. Aunque el comportamiento de las ondas varía dependiendo de la persona y su capacidad de aprendizaje, el resultado que se obtuvo en esta investigación cumplió con el objetivo planteado; analizar el comportamiento de las ondas cerebrales al alcanzar el tiempo estándar durante una curva de aprendizaje en un proceso de manufactura con LEGOS.

A través de un análisis estadístico, se encontró mayor actividad en las ondas cerebrales Low Beta, High Beta y Gamma que en Delta, Theta y Alfa durante la mayor parte del experimento. Sin embargo, los niveles de significancia fueron variando de acuerdo a los distintos períodos de tiempo que comprende la curva de aprendizaje, es decir, entre más se acercaron al tiempo estándar menos cambios en las ondas se detectó.

Al realizar la comparación de todos los períodos, se observaron los siguientes cambios: el lóbulo temporal, parietal y occipital, tuvieron más presencia durante casi todo el estudio, pero al contrario de estas partes del cerebro, el lóbulo frontal presentó en el primer y segundo período un comportamiento notablemente significativo.

Por último, al dividir en cinco períodos de tiempo iguales las curvas de aprendizaje de cada sujeto de prueba y utilizar el estadístico de la T pareada, se logró encontrar que al inicio de los entrenamientos, los lóbulos y las ondas cerebrales presentaron una gran actividad significativa. Sin embargo, se detectó en los últimos períodos de tiempo que, el comportamiento cerebral se mantuvo estable y sin demasiados cambios en comparación al principio del aprendizaje.

Una actividad prolongada en ondas Beta puede resultar perjudicial para un obrero, ya sea en su jornada normal o al ser entrenado para un nuevo producto o proceso industrial; una de las observaciones en los participantes del experimento fue la dificultad en el ensamble de los primeros carros LEGO, pero al pasar el tiempo los sujetos se familiarizaron con rapidez a la localización de cada pieza que correspondía al armado.

Es recomendable que si se desea obtener mayor exactitud de los momentos que pasan durante un estudio de este tipo, se deben de dividir en más períodos de tiempo la curva de aprendizaje. También si se utiliza un aparato de EEG con más electrodos se puede garantizar una lectura más precisa.

## 8. REFERENCIAS

- Abdulmouti, H. (2018). *Benefits of Kaizen to Business Excellence: Evidence from a Case Study*. Industrial Engineering & Management , 1-15.
- Acer. (2019). *Acer*. Obtenido de <https://www.acer.com/ac/en/NZ/content/model/NX.GFGSA.002>
- Alexandre Ferreira de Pinho, F. L. (2005). *Utilização de Bloquinhos de Montagem LEGO® para o Ensino dos*. Encontro Nac. de Eng. de Produção , 5525-5532.
- Aljuaid, A. (2016). *A Neuroergonomics Study of Brain EEG's Activity During Manual Lifting Tasks*. Orlando: University of Central Florida.
- Barcelona, N. (24 de Julio de 2019). NeuroFeedBack Barcelona. Obtenido de <https://www.neurofeedback.cat/que-son-las-ondas-cerebrales/>
- Benjamin W. Niebel, A. F. (2009). *Ingenieria Industrial: Metodos, estandares y diseños de trabajo*. Ciudad de México: MC Graw Hill.
- Boas, D. A., Dale, A. M., & Franceschini, M. A. (2004). *Diffuse optical imaging of brain activation: approaches to optimizing image sensitivity, resolution, and accuracy*. NeuroImage , 275-288.
- Chi-Yuan Chang, S.-H. H.-T.-P. (2018). *Evaluation of Artifact Subspace Reconstruction*. IEEE Xplorer, 1242-1245.
- Dattaprasad A. Torse, R. M. (2012). *Nonlinear Blind Source Separation for EEG Signal Pre-processing in Brain-Computer Interface System for Epilepsy*. International Journal of Computer Applications , 12-19.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). *EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG*. Journal of Neuroscience Methods , 9-21.
- Díaz, J. M. (2007). *Técnicas de prevención de riesgos laborales: Seguridad e higiene del trabajo*. Valencia: Tebar.
- Estrada, M. (19 de Septiembre de 2016). *Métodos de Neuroimagen*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/metodosdeneuroimagen/home/resonancia-magnetica-funcional>

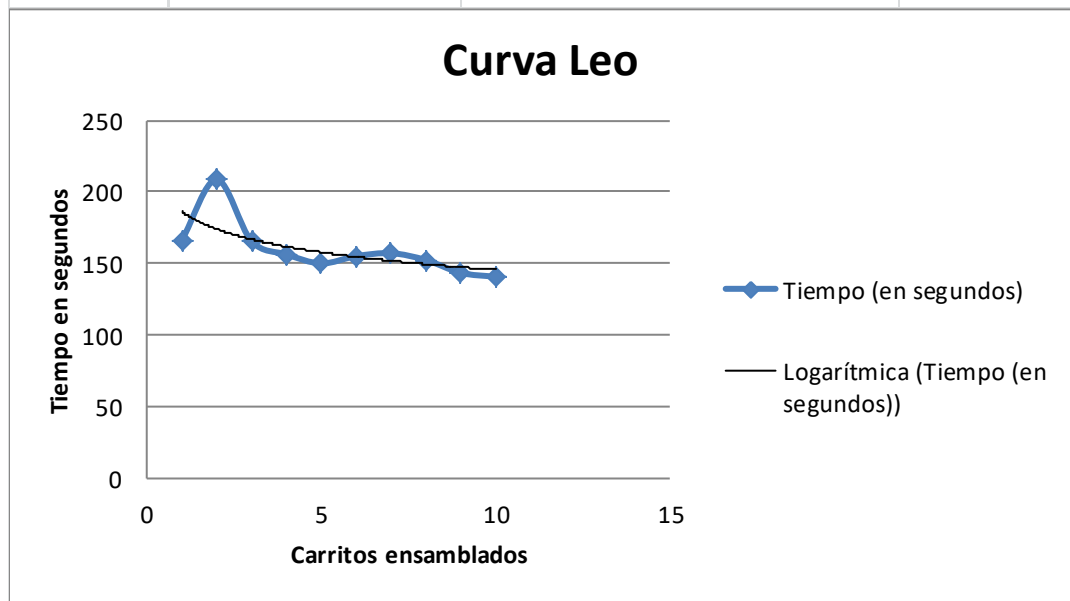
- Granada, U. d. (2018). *neuroergonomia*. Obtenido de <http://www.neuroergonomia.es/research/>
- Hall, J. E. (2016). *Tratado de fisiología médica*. México: Elsevier.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. New Jersey: PRENTICE HALL.
- Kolb, D. A. (1997). *A gestão e o processo de aprendizagem*. In: STARKEY, K. *Como as organizações aprendem: relatos do sucesso das grandes empresas*. Revista de Administração Contemporânea , 321.
- LEGO. (2019). *Lego*. Obtenido de <https://www.lego.com/es-mx/product/green-cruiser-31056>
- Lladó, J. M. (12 de Julio de 2018). *Centresantpau*. Obtenido de <http://www.centresantpau.com>
- Lorista, M. M., Bezdan, E., Caat, M. t., & Span, M. M. (2009). *The influence of mental fatigue and motivation on neural*. Brain Research , 95-106.
- Melgosa, J. (1995). *Nuevo estilo de vida. ¡Sin estrés!* Madrid: Nuevo Estilo de Vida.
- Minitab. (s.f.). *Hipótesis para t pareada*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de [support.minitab.com/](https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/paired-t/before-you-start/hypotheses/): <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/paired-t/before-you-start/hypotheses/>
- Minitab. (s.f.). *Prueba de normalidad*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de [support.minitab.com/](https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/): <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>
- Muhamad N., E. R. (2015). *EEG Wave Identification in Human Brain with Emotiv EPOC for Motor Imagery*. Procedia Computer Science , 269.
- Nagel, A. G. (2001). *Manual de Electroencefalografía*. España: MCGRAW HILL.
- Ndaro, N. Z., & Wang, S.-Y. (2018). *Effects of Fatigue Based on Electroencephalography Signal*. Minimally Invasive Surgery, 1-6.
- Niebel, B. W. (2005). *Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Alfa-Omega.
- P, L. R., & D, C. Á. (2013). *Aporte de los distintos métodos electroencefalográficos (eeg) al diagnóstico de las epilepsias*. Revista Médica Clínica Las Condes , 953-957.
- Paffen, A. C. (2015). *Neuropsicología y la localización de las funciones cerebrales superiores en estudios de resonancia magnética funcional con tareas*. Acta Neurológica Colombia , 92-100.

- Parasuraman, R., & Rizzo, M. (2007). *Neuroergonomics*. New York: Oxford University Press.
- Peter Young, T. C. (1998). *Legoworld: a multisensory environment for virtual prototyping*. Proceedings of SPIE , 313-321.
- Sánchez, L. P., & Palacios, E. (1999). *La epilepsia a través de los siglos*. Bogota: Horizonte.
- Seh-lelha. (14 de Julio de 2013). *¿Y si los datos no siguen una distribución normal?... Bondad de ajuste a una normal. Transformaciones. Pruebas no paramétricas*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de [www.seh-lelha.org/](http://www.seh-lelha.org/): <https://www.seh-lelha.org/bondad-de-ajuste-a-una-normal/>
- Siuly, S., Li, Y., & Zhang, Y. (2016). *EEG Signal Analysis and Classification: Techniques and Applications*. switzerland: Springer .
- Tan Le, G. M. (2011). *"About Emotiv"*. (Documento Web) Recuperado el 25 de Septiembre de 2017, de <https://www.emotiv.com/about-emotiv/>
- Tanaka, M., Ishii, A., & Watanabe, Y. (2013). *Neural mechanism of central inhibition during physical fatigue: A magnetoencephalography study*. Brain Research , 117-124.
- Tyler C. Major, J. M. (2014). *A Survey of Brain Computer Interfaces and Their Applications*. SOUTHEASTCON 2014 .

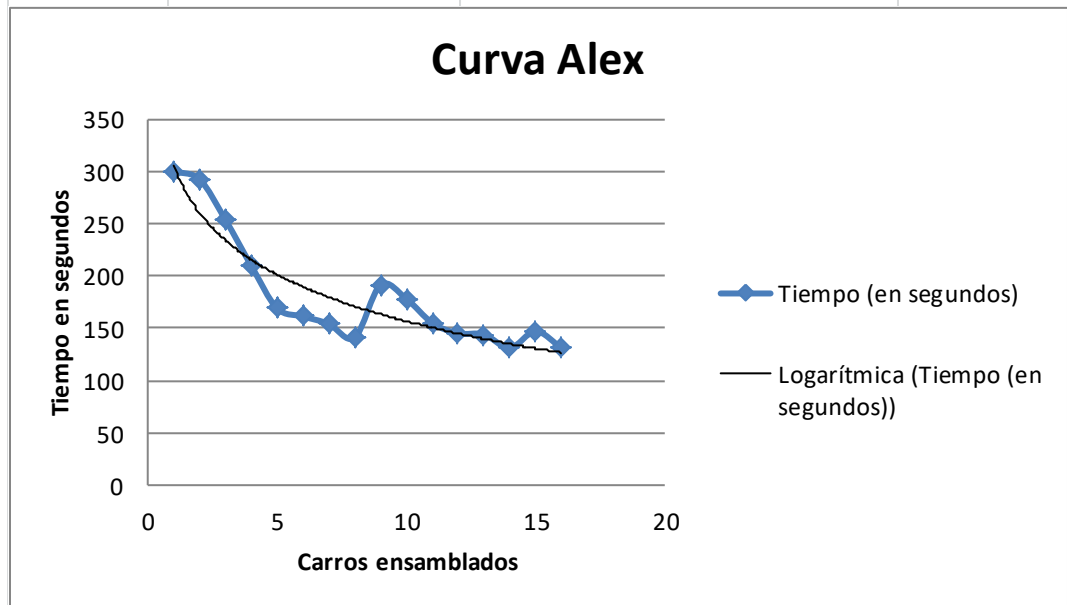


## ANEXO 1 [CURVAS DE APRENDIZAJE]

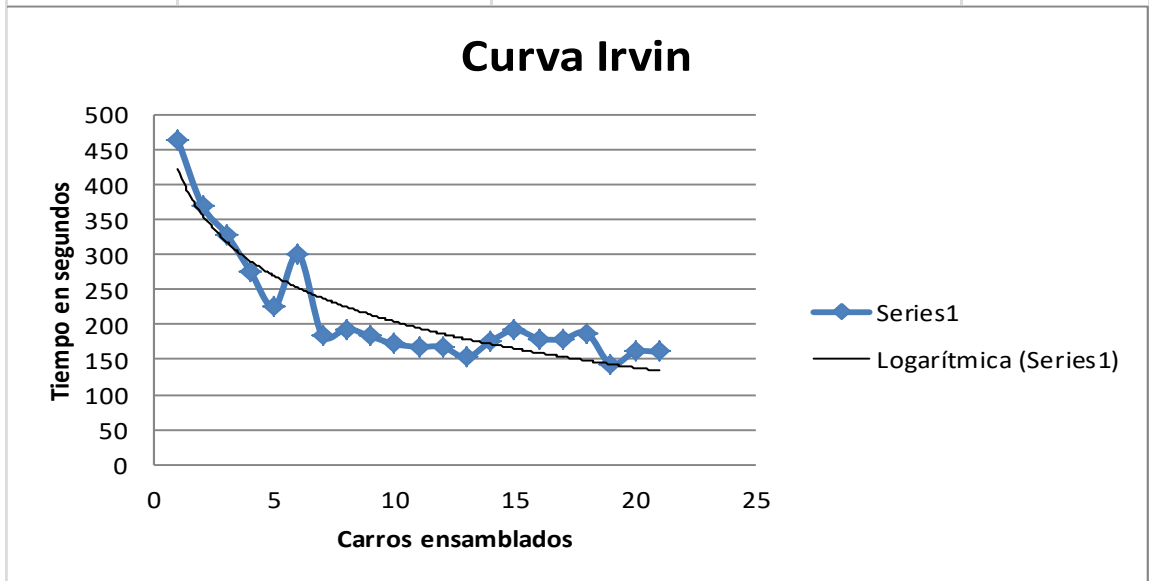
Carritos	Tiempo (en segundos)	Tiempo acumulado (en segundos)	
1	166.17	55	
2	208.59	221.17	
3	165.61	429.76	
4	156.33	595.37	
5	150.03	751.7	
6	155.1	901.73	
7	157.16	1056.83	
8	152.36	1213.99	
9	143.41	1366.35	
10	140.65	1509.76	
		1650.41	Tiempo Total



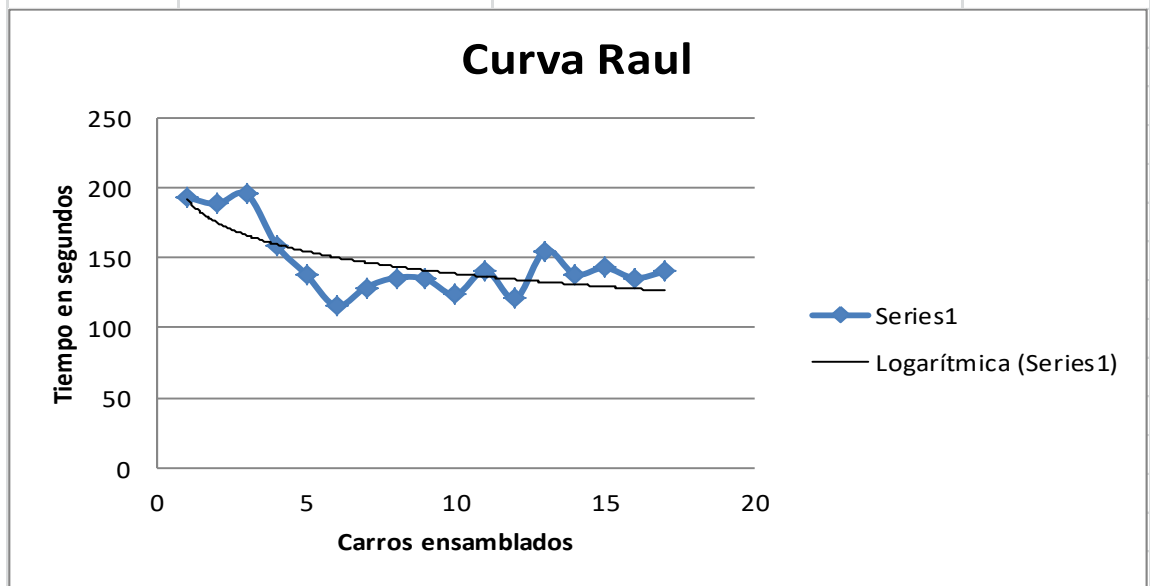
Carritos	Tiempo (en segundos)	Tiempo acumulado (en segundos)
1	299.73	55
2	292.12	354.73
3	253.51	646.85
4	209.63	900.36
5	168.91	1109.99
6	161.23	1278.9
7	154	1440.13
8	141	1594.13
9	191.3	1735.13
10	178	1926.43
11	155	2104.43
12	145	2259.43
13	144	2404.43
14	131	2548.43
15	147	2679.43
16	131	2826.43
		2957.43
		Tiempo total



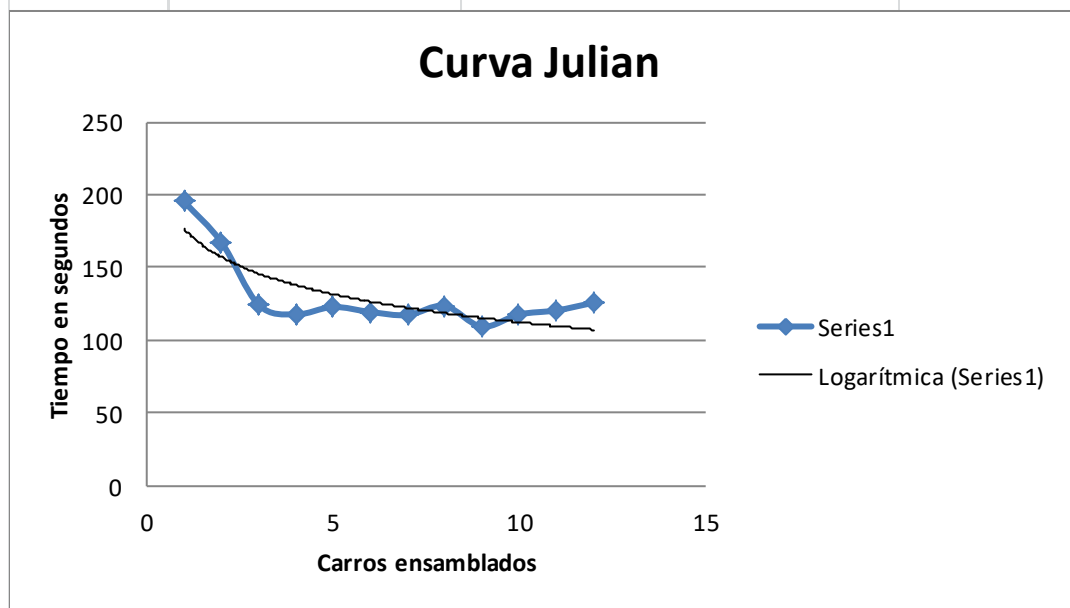
Carritos	Tiempo (en segundos)	Tiempo acumulado (en segundos)
1	462	55
2	370	517
3	329	887
4	276	1216
5	225	1492
6	300	1717
7	184	2017
8	194	2201
9	183	2395
10	172	2578
11	168	2750
12	168	2918
13	153	3086
14	176	3239
15	192	3415
16	180	3607
17	179	3787
18	188	3966
19	143	4154
20	161	4297
21	161	4458
		4619
		<b>Tiempo Total</b>



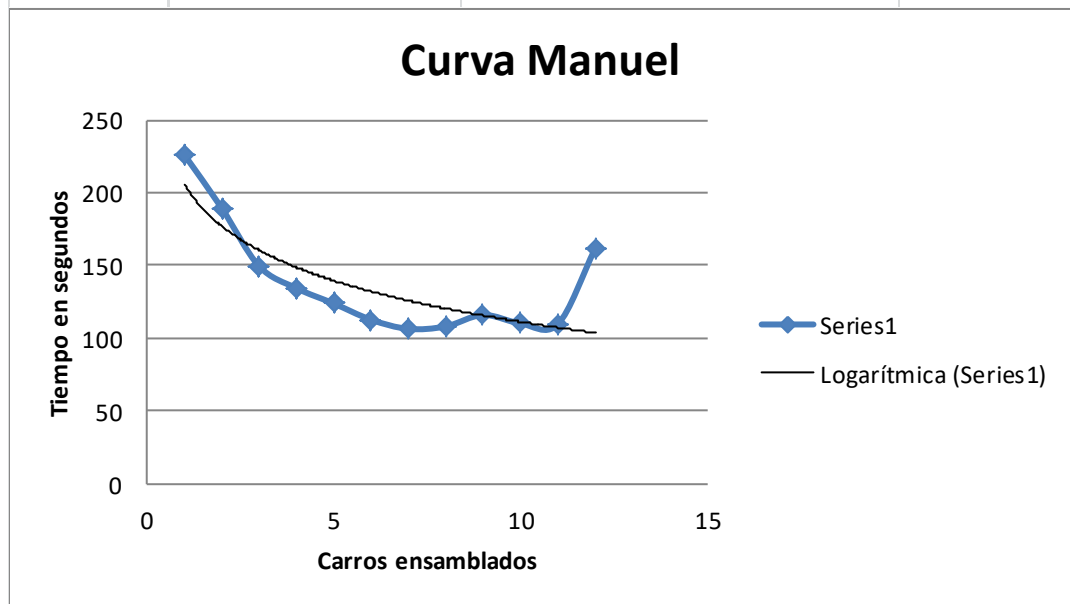
Carritos	Tiempo (en segundos)	Tiempo acumulado (en segundos)
1	192.79	55
2	188.2	247.79
3	195.11	435.99
4	158.67	631.1
5	137.65	789.77
6	115.39	927.42
7	128.72	1042.81
8	135.58	1171.53
9	134.59	1307.11
10	123.44	1441.7
11	140.7	1565.14
12	120.59	1705.84
13	154.94	1826.43
14	137.9	1981.37
15	142.66	2119.27
16	135.29	2261.93
17	139.87	2397.22
		2537.09
		Tiempo Total



Carritos	Tiempo (en segundos)	Tiempo acumulado (en segundos)	
1	195.28	55	
2	167.47	250.28	
3	124.47	417.75	
4	117.77	542.22	
5	122.9	659.99	
6	119.5	782.89	
7	117.31	902.39	
8	123.65	1019.7	
9	109.39	1143.35	
10	117.76	1252.74	
11	120.52	1370.5	
12	125.78	1491.02	
		1616.8	Tiempo Total



Carritos	Tiempo (en segundos)	Tiempo acumulado (en segundos)
1	226.16	55
2	189.6	281.16
3	149.67	470.76
4	134.45	620.43
5	123.94	754.88
6	112.78	878.82
7	106.48	991.6
8	108.13	1098.08
9	116.03	1206.21
10	110.22	1322.24
11	109.59	1432.46
12	161.43	1542.05
		1703.48
		<b>Tiempo Total</b>



## ANEXO 2 [POTENCIAS DE TODOS LOS SUJETOS DE PRUEBA]

TodosT1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	200.272542	3.738622	2.092026	1.214368	0.884163	0.681189
	247.615472	6.460748	4.360308	2.359081	1.692702	1.349721
	207.379423	3.78539	1.336036	0.644052	0.400168	0.30896
	255.307523	5.997731	4.107088	2.125988	1.499184	1.208634
	155.617722	11.745794	11.94224	9.009536	7.156231	5.950219
	165.927596	20.37932	14.153085	9.33951	6.985421	5.492622
	163.495202	10.340493	11.062792	8.38646	6.315584	5.065542
	206.926787	11.804771	9.64065	6.50476	4.784327	3.742081
	17.564048	72.103251	29.007143	16.884457	6.779748	4.624112
	20.48767	52.126242	19.563743	10.923365	4.203239	2.728363
	24.501645	71.134651	27.756497	15.733249	6.258558	4.209288
	19.813711	56.320074	20.842238	11.333099	4.414589	2.866382
	37.549821	84.413046	35.045565	18.246699	8.085734	6.012275
	88.49119	106.865938	43.282965	24.354957	10.813141	7.961051
	30.266876	24.66239	10.894841	6.493472	2.60276	1.840976
	44.631973	96.724826	42.097476	25.567962	11.171712	8.13569
	310.419494	7.344278	5.716724	6.618275	7.933971	7.055084
	224.980841	8.476914	5.132855	5.54237	7.100784	6.499439
	310.478427	7.893888	5.649202	6.473578	8.105964	7.338224
	245.031286	9.563117	5.512086	5.847756	7.651319	7.051858
	343.484911	6.103097	4.486402	5.499647	7.916074	7.385291
	586.268374	7.120919	5.447071	6.261094	7.65707	7.076435
	109.897022	2.274295	1.770646	2.07688	2.50196	2.439342
	418.480956	9.810284	8.292272	9.19001	9.990535	8.404657
	21.738834	9.035688	7.193647	6.246061	3.797015	2.095667
	27.967121	10.888047	6.777455	5.778718	3.524967	1.868338
	23.431025	9.013076	6.483495	5.58258	3.36985	1.820894
	31.157417	10.881916	6.270349	5.330978	3.225717	1.681083
	17.814218	4.836093	3.669848	2.507165	1.594805	1.031099
	14.970224	8.494028	6.808174	5.573846	3.377958	2.272491
	7.847111	7.388357	6.577872	5.943272	3.982541	2.773822
	27.892235	10.577742	9.821382	8.621415	5.234417	2.974379
	13.274804	1.50714	1.373393	1.102591	1.23735	1.453848
	17.156487	2.353081	2.038887	1.658162	2.174285	2.895409
	13.657026	1.413546	0.539515	0.306926	0.214897	0.167636
	17.688106	2.023995	1.486021	1.160744	1.532935	2.097023
	12.000611	4.347525	4.674179	3.923802	5.667132	7.52723
	15.509005	6.607091	6.702556	5.18632	6.15083	7.757984
	14.011293	4.671816	5.701186	5.127747	7.419951	9.728686
	15.586305	8.187083	9.728738	8.46098	9.356206	10.840871
	10.11947	17.007939	7.091779	5.032281	2.42217	1.559121
	15.933253	10.06969	7.697434	8.09478	3.754514	3.252719
	16.691701	46.399257	16.193706	9.063362	4.56446	2.347245
	14.243728	12.651596	7.961993	7.680687	3.669891	3.076374
	14.762992	9.250149	13.8547	14.315132	8.085763	7.774108
	21.363526	8.761942	19.195762	22.716991	10.712918	10.372946
	22.125996	8.244757	22.282296	28.43792	13.242569	12.488901
	30.07133	3.267288	5.916065	7.511778	3.423732	3.337975
	97.675405	30.581205	12.418194	8.786307	4.800072	3.435473
	46.481044	38.427484	12.845457	8.24451	4.531849	3.228601
	276.898117	31.841425	12.21795	8.377566	4.571809	3.254271
	61.955828	39.893247	12.929288	8.138612	4.466291	3.176293
	21.9281	22.489014	9.453756	6.233048	3.731619	2.696597
	21.50493	25.484198	11.636946	8.278506	4.77905	3.574163
	23.327317	23.106937	9.69768	6.621812	3.84439	2.779059
	11.883361	31.598882	14.457284	11.05346	6.113483	4.516022





TodosT2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	161.013606	30.266804	10.242114	5.500151	3.022534	1.523894
	77.248568	16.328284	7.408246	4.009943	2.429076	1.579487
	335.259905	62.421673	21.084284	10.918702	5.644845	2.577689
	88.327526	18.65503	8.240408	4.42209	2.741238	1.744904
	63.46588	14.498669	14.446735	9.288238	7.981981	6.46556
	79.794997	16.206255	14.304818	8.977996	7.539127	5.91642
	12.622218	3.497328	3.487447	2.535705	1.998563	1.640517
	44.807571	9.607634	7.551565	4.696433	3.750777	2.894512
	538.436488	127.465468	41.900686	18.784448	9.620386	5.25926
	354.399688	77.986011	24.473754	11.560452	5.546554	2.944639
	538.26745	125.626826	40.471482	18.394028	9.110555	4.823512
	397.337007	87.336664	27.172094	12.843317	6.062522	3.175816
	697.653512	166.162591	57.04257	23.427828	12.580206	7.470673
	819.740529	198.598832	72.561053	30.142869	15.869492	9.473192
	68.726604	13.759143	5.115845	2.331049	1.162464	0.779669
	750.241	184.287414	63.713687	27.797282	15.62169	9.627361
	18.293737	6.622078	6.877334	7.747213	9.599947	10.735027
	22.191114	6.903627	6.453283	6.947506	8.949551	10.286675
	19.541095	6.704339	6.962837	7.754974	9.819836	11.180451
	24.445421	7.412006	6.856166	7.309394	9.500182	11.027145
	16.150227	5.584311	5.720188	6.744648	9.742086	11.26034
	15.548226	6.729808	7.148367	8.003305	9.568386	10.953398
	11.704674	3.780796	3.427968	3.772388	4.481285	5.150865
	22.447762	8.926286	8.552194	9.563497	11.376589	12.137721
	14.590825	9.348354	7.22541	7.342645	4.40009	2.57007
	17.959074	11.145407	6.759148	6.900735	4.012983	2.339829
	14.838492	9.289055	6.543132	6.582045	3.876043	2.264395
	18.330944	11.190967	6.30019	6.352474	3.640371	2.131337
	14.107071	7.47405	4.855492	3.386783	3.270984	2.323047
	18.917284	8.863345	7.568745	6.495626	4.003602	2.773195
	14.910547	7.581801	7.34398	7.118343	4.822126	3.28096
	17.001072	11.182141	9.71297	9.934053	6.091391	3.550726
	18.581596	2.818661	1.970386	1.423279	1.595789	1.60453
	15.857141	2.87776	2.511017	1.871697	2.728809	3.051978
	39.963493	5.055623	1.873067	0.996765	0.601103	0.384957
	16.528323	2.812037	1.994351	1.37885	2.017949	2.228804
	17.403217	4.590846	5.333375	4.223505	6.766249	7.753455
	24.798942	6.520982	7.378872	5.230609	7.331264	7.882905
	22.999122	4.653399	6.197848	5.297261	8.741375	10.01059
	32.961099	7.83103	10.003451	8.540632	10.469141	10.623876
	78.092058	13.60153	6.116513	3.936118	2.269958	1.505932
	37.454804	8.518301	8.927297	7.740254	4.229847	3.613377
	215.042917	36.613376	12.13098	6.820422	3.687986	1.846292
	48.486087	10.489833	8.458617	7.004653	3.938425	3.312465
	17.650027	8.826775	16.752746	13.853701	8.882323	8.325853
	16.852735	7.059419	24.865297	23.143764	12.291714	11.387352
	17.56931	7.2362	30.243937	29.026979	15.540477	13.865635
	10.419023	3.190096	9.310459	8.921336	4.579259	4.068767
	281.584666	56.417162	22.631245	12.148198	6.21531	3.628771
	294.251672	58.954024	22.614733	11.493496	5.921871	3.404232
	281.72063	56.484693	22.32616	11.700143	5.990108	3.464922
	297.102284	59.768191	22.65055	11.343728	5.865113	3.365042
	247.97333	50.12882	19.259569	9.567751	5.020125	2.878207
	278.136396	55.112766	22.482061	11.926956	6.1514	3.708713
	267.968491	52.71692	20.234359	10.295704	5.31157	3.01465
	297.25983	59.857568	24.975259	14.398009	7.501191	4.597473



TodosT3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	50.594344	11.11313	4.289507	2.729068	2.047318	1.664957
	35.434926	10.194488	5.581306	3.26436	2.456422	2.164294
	99.360824	21.189378	7.416404	4.482209	3.165059	2.312525
	39.808674	11.426895	5.99089	3.666461	2.858007	2.500977
	84.400807	20.60384	12.830174	10.401222	10.128691	9.197504
	83.306157	24.905304	14.201652	10.980393	9.494801	8.375816
	17.159151	5.558485	4.018467	2.608551	2.241476	2.134961
	38.077824	11.529925	6.729578	4.971872	4.176198	3.754599
	368.286814	122.459472	51.332227	27.852595	11.738107	5.872091
	308.289767	98.427957	40.727411	21.71717	8.947717	4.127299
	388.289674	129.47643	53.398594	29.062054	12.121181	5.85734
	350.341562	113.349854	46.682266	24.822512	10.291284	4.715644
	387.792227	135.934427	62.727133	30.589933	14.108956	7.651488
	489.326612	144.940135	66.356016	35.283751	15.611959	9.0592
	25.850687	8.125853	4.097115	2.07053	1.002315	0.625823
	472.480583	152.104065	66.949617	35.844699	16.143141	9.224017
	21.815123	6.452874	6.509967	8.178807	10.094719	9.8804
	25.013758	7.327044	6.065577	7.484646	9.727837	9.56055
	22.46201	6.720794	6.460918	8.165714	10.407648	10.226824
	27.218353	8.008324	6.385065	7.807299	10.315692	10.161737
	20.222489	6.112391	5.685203	7.454824	10.854891	10.434623
	16.918854	6.874736	6.821202	8.454658	10.491724	10.115115
	13.379532	4.877731	3.676218	4.60288	5.629846	5.359323
	30.025936	8.36541	8.617566	10.05483	11.552735	11.184706
	13.88358	9.168105	7.218679	6.100664	3.913376	2.172408
	17.492329	10.61599	6.960633	5.851731	3.654103	1.979579
	14.409143	9.112879	6.707794	5.636541	3.57185	1.954455
	18.339893	10.667575	6.646595	5.578828	3.453131	1.867486
	17.047872	6.51452	5.357159	3.656275	2.776971	1.883041
	15.605693	8.474628	6.645129	5.001938	3.399992	2.214253
	14.274012	7.741611	6.605468	5.654089	3.944829	2.721246
	16.257547	10.913662	9.413075	7.99961	5.22867	3.001502
	33.981972	5.398115	2.687503	1.983375	1.9494	1.844499
	21.694241	3.959971	2.833868	2.233778	3.029629	3.393122
	83.850718	11.287759	4.014515	2.166386	1.205198	0.658959
	25.764031	4.198922	2.454082	1.777865	2.252685	2.482868
	15.887831	5.46217	5.469931	4.7352	7.560014	9.184769
	22.474655	7.545442	7.164931	5.820267	8.047302	9.04109
	20.81271	5.265392	6.221065	5.929231	9.786848	11.683223
	29.701199	8.875509	9.974329	9.567988	11.750921	11.951957
	50.998667	8.246159	4.68041	3.097339	1.714451	1.321025
	27.05339	6.284897	7.573386	6.599823	3.516834	3.229414
	140.728234	22.079241	8.175778	4.585347	2.632018	1.616779
	34.502593	7.528154	7.11216	5.881971	3.247285	2.971532
	21.233562	8.54346	14.828054	13.08388	8.299166	7.752673
	17.889378	7.202104	20.827698	20.366296	10.858769	10.373042
	18.022013	7.243086	24.976357	25.61081	13.531132	12.586055
	9.12399	2.835975	7.558758	7.671454	3.899474	3.651871
	230.295023	65.810624	27.340771	16.827939	9.144786	6.397512
	237.614871	66.066483	27.363306	16.363639	8.872581	6.152583
	229.821708	64.676581	26.968166	16.450143	8.916385	6.250499
	238.369324	65.827815	27.303734	16.247677	8.790333	6.110116
	200.066311	58.979414	23.953428	14.265783	7.932973	5.552524
	239.639022	66.730618	27.706494	17.401354	9.419467	7.018003
	212.468405	63.526109	24.988494	15.026399	8.281085	5.579378
	244.031638	72.421938	29.929754	19.066307	10.402574	7.328119



TodosT4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	94.442352	20.49926	7.704813	4.649928	2.745381	2.072844
	57.687581	16.721348	7.431448	4.785004	2.412333	2.043223
	189.913147	40.080928	14.458775	8.104334	4.554571	3.186297
	63.728578	17.787726	7.543555	4.890448	2.43083	2.096178
	104.792337	27.631242	11.75216	9.736091	7.805328	7.567808
	68.32084	23.13176	11.854071	9.351319	6.734705	5.833796
	46.092789	13.94017	9.728335	8.09081	6.551711	5.803709
	40.725828	14.079778	7.971043	6.140514	4.381272	3.733607
	445.834931	129.883921	39.820637	21.125671	10.538314	5.244434
	296.526941	74.537988	24.262876	12.750613	5.879598	2.808856
	450.072337	125.883906	39.246992	20.795031	10.075172	4.912903
	341.112057	85.179128	27.951558	14.688174	6.7166	3.21499
	557.041256	165.439102	54.002775	27.274666	14.349168	8.058264
	652.007372	174.796535	57.757782	29.956495	15.773085	9.383405
	35.115583	7.548997	3.353357	1.635419	0.872978	0.59579
	638.060621	201.870379	59.664089	32.144251	17.412155	9.576021
	18.040463	7.485609	6.28827	7.986159	9.236389	9.090318
	23.624358	7.852094	5.916996	7.583194	9.09657	9.013684
	19.574928	7.462688	6.231688	8.071048	9.601725	9.51404
	26.132114	8.369246	6.224592	7.94379	9.664522	9.611606
	15.664385	5.690249	5.378091	7.396708	10.19901	10.155996
	14.10366	7.164874	6.434733	8.506681	9.991127	9.745986
	14.100998	5.131057	4.175892	5.451662	6.241914	6.04221
	21.94163	10.482987	8.399898	9.341164	10.124251	9.782226
	15.430326	8.4626	8.098827	6.897288	4.290367	2.4754
	18.330839	9.669888	7.747489	6.515705	3.982502	2.183241
	15.273488	8.470651	7.530468	6.28869	3.888156	2.194134
	18.559681	9.801667	7.380124	6.139484	3.733406	2.01391
	17.833082	6.511992	5.404759	4.048443	2.811364	1.949199
	15.012851	7.972293	7.289226	5.300664	3.668501	2.497941
	13.95463	7.030937	7.46636	6.110027	4.314882	3.023486
	19.667441	9.9627	10.359632	9.252422	5.753366	3.419023
	9.27189	1.539754	1.488773	1.187619	1.502603	1.524331
	12.059328	2.987303	2.372557	1.819703	2.74301	2.977426
	14.89915	1.390184	0.533717	0.333708	0.192509	0.138687
	11.115506	2.63395	1.736144	1.318177	1.969765	2.145549
	16.360846	5.783006	6.31811	5.090824	7.528864	8.390762
	22.777149	7.572878	7.709967	5.98962	7.800709	8.351026
	22.558246	5.489338	6.896176	5.630707	9.19541	10.283426
	33.332015	8.457609	10.580172	8.530322	10.919563	10.824666
	102.583982	18.308794	7.559822	4.71344	2.568576	1.597969
	46.155604	10.102224	7.463308	6.841989	3.838407	3.063704
	286.99901	49.735461	17.981971	9.619285	5.01306	2.619382
	62.63478	12.740581	7.786551	6.526244	3.752275	2.904569
	22.59626	9.330203	12.864093	11.388962	7.817902	7.137385
	20.448249	7.890378	18.453836	18.617793	10.315851	9.465326
	21.936175	8.247593	21.779566	23.936423	12.971682	11.644568
	10.120583	3.17281	6.105567	6.813785	3.615135	3.198327
	253.477436	110.000023	37.537659	22.259394	12.949476	7.469537
	261.95821	97.400735	35.647173	21.76396	12.405949	7.179911
	253.381714	103.220466	36.301217	21.857486	12.570119	7.257563
	265.013465	96.748206	35.507857	21.852491	12.348582	7.183259
	240.861903	111.107403	37.018384	20.899557	12.17416	7.203328
	293.141902	132.03987	42.890641	23.45218	14.165342	8.594952
	258.735727	134.726018	38.918502	21.921542	12.850239	7.323466
	278.750681	149.463181	44.491561	25.712215	15.350262	9.113793



TodosT5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	106.599175	24.452551	9.086688	5.095012	2.788177	1.621262
	56.234398	17.109355	7.423791	3.798764	2.012502	1.420444
	227.893726	49.232644	18.134013	9.536	5.049027	2.704393
	63.236616	18.332826	7.70255	3.937029	2.045035	1.380281
	50.521582	22.806543	10.670037	5.627253	3.405702	2.667397
	67.940455	24.635854	13.192177	8.964866	5.672057	4.424942
	54.702043	16.885827	8.846857	5.601278	3.565626	3.182413
	38.65052	14.032028	7.93554	5.551769	3.49272	2.800464
	266.543637	310.350782	29.446832	13.77833	10.220427	4.099704
	169.035552	108.183578	16.314667	8.286651	5.126065	2.232364
	248.305395	257.636618	26.92971	13.168163	9.337716	3.735245
	182.687173	111.861935	17.645936	9.265109	5.656126	2.463575
	358.569179	435.636608	46.030945	20.062456	15.560716	6.899325
	322.60068	384.708688	43.78754	19.217058	15.841856	7.361982
	38.642894	9.241313	4.589977	2.25601	1.317163	0.94731
	450.603149	650.236178	50.36232	21.87836	18.1972	7.722332
	19.257214	5.930668	5.74978	7.131985	9.010158	9.164202
	24.194321	6.891806	5.872461	6.856054	9.025523	9.267009
	20.468521	6.35017	6.052315	7.34614	9.45662	9.723132
	26.232345	7.559186	6.31623	7.236735	9.610733	9.951417
	15.114117	5.033416	5.437533	6.932129	10.053115	10.402659
	16.174438	6.67977	6.945588	8.161537	9.935991	10.200568
	15.131631	4.355544	4.103044	4.814271	5.94964	5.884336
	23.576568	6.750191	6.167441	7.741053	9.489998	9.456827
	15.095259	9.267185	8.146124	7.413621	4.720722	2.676018
	16.93545	10.549833	7.553646	6.802065	4.34775	2.370164
	14.832692	9.170944	7.468459	6.676512	4.229094	2.3649
	17.406495	10.645432	7.122902	6.317863	4.001845	2.174946
	23.513164	8.230653	5.807166	4.646082	3.222178	2.201605
	17.864866	8.622457	7.902765	6.294448	3.993344	2.644944
	16.28216	8.211307	7.798557	7.235087	5.031819	3.357916
	20.614969	11.287399	10.723566	10.029246	6.336965	3.731029
	136.484522	22.785544	8.347343	4.65479	3.21505	2.070934
	62.291017	11.301712	5.299023	3.448258	3.277666	3.024607
	347.467147	59.892096	19.461811	10.064457	5.152039	2.239615
	83.385877	14.744894	5.818851	3.407721	2.755152	2.27416
	15.777965	5.973195	6.496767	5.53025	7.109363	7.693266
	103.527615	6.666569	5.077111	3.885166	4.57347	4.783039
	27.158636	6.424358	6.929666	6.034064	8.324511	9.138728
	29.925604	8.362739	10.235714	8.898937	10.547891	10.332951
	10.537195	1.90275	1.734513	1.770802	1.00236	0.87717
	12.4645	3.842683	5.380995	5.84301	3.188169	2.752466
	24.320375	3.113645	1.275623	0.948294	0.641199	0.560628
	13.826008	3.854192	4.780623	5.00287	2.825909	2.506684
	20.561202	8.917908	13.206718	12.45128	7.77526	7.418734
	20.505398	9.07149	18.165591	19.84602	10.701809	9.501722
	23.528264	9.138329	21.675986	25.185694	13.580159	11.718218
	9.9917	3.298286	5.874065	7.081407	3.66256	3.038517
	259.352826	216.801895	31.851797	14.839029	9.275057	5.1982
	256.747875	135.165363	28.257243	12.98239	7.321444	4.445563
	255.491539	181.28902	29.626026	13.769437	8.252599	4.738905
	258.212959	129.993037	27.891114	12.588605	6.994348	4.304457
	270.748859	255.486313	34.736784	15.216476	10.116164	5.560876
	338.042636	344.856079	42.126288	17.828204	12.597871	6.747055
	290.60286	354.994042	36.967162	16.407986	10.907208	5.355862
	305.776769	397.127194	42.612812	19.884359	13.768896	7.560441

Temporal	81.635369	40.836065	19.129647	8.387168	4.095412	3.3998
	54.519038	17.893879	7.870787	5.159228	3.800825	3.408333
	132.534822	28.501585	9.870208	5.208546	2.748365	1.422721
	468.933404	514.937217	50.819578	21.710844	15.758273	6.521612
	45.452922	11.980637	7.725266	7.661475	10.329278	10.651304
	10.091278	3.59289	5.126079	8.847483	16.605734	17.036725
	28.424101	17.592071	8.998175	7.737076	4.754167	2.465351
	11.195606	4.952161	3.876146	3.802519	3.40829	2.529339
	28.218636	9.389359	7.322608	6.122524	6.762856	7.262526
	83.51559	13.521652	7.611477	6.381791	9.009819	10.281511
	43.997039	15.918973	17.672533	18.230993	9.862415	8.413815
	11.266503	4.327203	7.222148	7.604164	6.329675	7.155114
	318.822649	136.555677	34.306278	13.924913	7.723456	4.896811
	391.907165	400.562297	49.327442	20.805765	12.833725	6.871765
Parietal	83.771103	38.578858	16.180463	8.226392	5.410186	4.625819
	80.35631	24.566766	10.578601	7.217972	6.463362	6.597506
	331.987543	142.988251	39.500725	17.873446	11.373156	6.134311
	16.476042	3.724756	1.579618	0.799067	0.456727	0.29607
	36.692703	9.483243	6.675802	7.763744	10.947748	11.55494
	31.798334	13.707101	10.505426	11.390806	20.339457	20.907923
	36.14001	12.431648	7.409288	6.198709	4.089546	2.46323
	14.308491	5.013973	4.066397	3.754014	3.215232	2.044686
	40.562844	8.864589	8.292893	6.935257	8.114102	8.997435
	45.509579	6.86418	5.974882	5.852789	9.319256	11.438339
	46.781887	12.099965	12.603418	13.813658	7.639197	7.178461
	18.790298	4.61684	4.083068	4.086731	4.110496	4.839374
	515.720223	400.750793	54.178554	22.963831	18.218708	10.427605
	38.128476	24.486437	6.151209	3.221599	1.973602	1.383842
Occipital	55.427997	24.659047	10.414755	5.987477	4.105025	3.545712
	55.228426	20.968714	8.945907	5.724859	4.406683	4.082619
	144.557627	30.20579	11.438045	6.127769	3.210626	1.620851
	248.720207	46.584365	16.5837	8.640787	4.183497	2.108548
	37.627577	10.004705	7.541636	7.673894	10.48626	10.771502
	19.508182	6.986776	6.739986	8.407991	14.300557	14.853563
	16.722482	11.355097	6.453883	5.567279	3.447003	1.819246
	17.113041	9.979444	6.883936	6.428613	4.160919	2.40739
	10.372689	3.498808	3.727257	2.385633	2.630796	2.776655
	119.778709	16.411115	9.073087	7.175052	7.947602	8.825885
	25.79767	10.78717	14.62067	15.694131	8.783124	7.453415
	22.186233	7.533306	11.447006	12.641649	7.785607	7.610001
	337.394447	311.991438	40.12282	17.148944	11.975861	6.189497
	321.735909	251.047252	44.264146	18.932904	11.631992	6.521295



## ANEXO 2 [POTENCIAS DE INDIVIDUALES DE TODOS LOS SUJETO DE PRUEBA]

Axel1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Axel2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	200.272542	30.581205	12.418194	8.786307	4.800072	3.435473		Frontal	281.584666	56.417162	22.631245	12.148198	6.21531	3.628771
	247.615472	38.427484	12.845457	8.24451	4.531849	3.228601			294.251672	58.954024	22.614733	11.493496	5.921871	3.404232
	207.379423	31.841425	12.21795	8.377566	4.571809	3.254271			281.72063	56.484693	22.32616	11.700143	5.990108	3.464922
	255.307523	39.893247	12.929288	8.138612	4.466291	3.176293			297.102284	59.768191	22.65055	11.343728	5.865113	3.365042
	155.617722	22.489014	9.453756	6.233048	3.731619	2.696597			247.97333	50.12882	19.259569	9.567751	5.020125	2.878207
	165.927596	25.484198	11.636946	8.278506	4.77905	3.574163			278.136396	55.112766	22.482061	11.926956	6.1514	3.708713
	163.495202	23.106937	9.69768	6.621812	3.84439	2.779059			267.968491	52.71692	20.234359	10.295704	5.31157	3.01465
	206.926787	31.598882	14.457284	11.05346	6.113483	4.516022			297.25983	59.857568	24.975259	14.398009	7.501191	4.597473
Temporal	387.909619	63.04348	16.784503	9.389559	5.1755	3.743452			349.08716	71.207718	25.661967	12.282874	6.415263	3.74358
	180.391105	23.313025	8.629666	5.34777	3.358534	2.470946			314.137059	57.057573	21.107174	9.996728	5.239886	2.93715
Parietal	323.322438	47.739725	14.837428	9.234571	4.760625	3.249362			383.179047	74.67882	26.052679	12.714861	6.575083	3.80548
	236.058305	26.939338	9.673701	5.769416	3.463361	2.596305			339.337383	58.031677	20.486671	10.086943	5.239749	2.985318
Occipital	239.397131	33.327281	11.75541	7.657912	4.142236	2.904317			317.145366	62.507566	22.974809	11.220182	5.860818	3.383187
	236.562377	31.852374	11.835235	7.848823	4.434539	3.300934			306.255483	59.923322	22.915758	11.31436	6.018532	3.595269
Axel3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Axel4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	230.295023	65.810624	27.340771	16.827939	9.144786	6.397512		Frontal	253.477436	110.000023	37.537659	22.259394	12.949476	7.469537
	237.614871	66.066483	27.363306	16.363639	8.872581	6.152583			261.95821	97.400735	35.647173	21.76396	12.405949	7.179911
	229.821708	64.676581	26.968166	16.450143	8.916385	6.250499			253.381714	103.220466	36.301217	21.857486	12.570119	7.257563
	238.369324	65.827815	27.303734	16.247677	8.790333	6.110116			265.013465	96.748206	35.507857	21.852491	12.348582	7.183259
	200.066311	58.979414	23.953428	14.265783	7.932973	5.552524			240.861903	111.107403	37.018384	20.899557	12.17416	7.203328
	239.639022	66.730618	27.706494	17.401354	9.419467	7.018003			293.141902	132.03987	42.890641	23.45218	14.165342	8.594952
	212.468405	63.526109	24.988494	15.026399	8.281085	5.579378			258.735727	134.726018	38.918502	21.921542	12.850239	7.323466
	244.031638	72.421938	29.929754	19.066307	10.402574	7.328119			278.750681	149.463181	44.491561	25.712215	15.350262	9.113793
Temporal	274.212932	74.448055	30.668439	17.716622	9.49699	6.591113		Temporal	322.805101	109.43953	40.24662	24.634274	13.757275	8.198838
	255.104081	72.821191	27.093304	16.032816	8.743667	5.635044			329.127166	162.7035	44.464485	24.689767	14.274458	8.447863
Parietal	297.04622	81.597129	31.485674	18.647649	10.004569	6.717826		Parietal	404.018452	173.800936	51.588647	31.530927	16.956155	10.531141
	244.047277	67.230002	25.236934	14.938207	8.307698	6.328821			174.07517	55.418285	20.974935	12.153535	6.541452	4.089297
Occipital	257.762232	70.654732	27.837758	16.748088	8.98924	6.110873		Occipital	308.735433	150.417765	43.586379	26.366973	14.837664	8.778793
	282.445057	72.792189	28.733976	17.525491	9.332897	6.561748			335.595862	153.893603	46.860605	27.34762	15.896954	9.611447
Axel5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma								
Frontal	259.352826	216.801895	31.851797	14.839029	9.275057	5.1982								
	256.747875	135.165363	28.257243	12.98239	7.321444	4.445563								
	255.491539	181.28902	29.626026	13.769437	8.252599	4.738905								
	258.212959	129.993037	27.891114	12.588605	6.994348	4.304457								
	270.748859	255.486313	34.736784	15.216476	10.116164	5.560876								
	338.042636	344.856079	42.126288	17.828204	12.597871	6.747055								
	290.60286	354.994042	36.967162	16.407986	10.907208	5.355862								
	305.776769	397.127194	42.612812	19.884359	13.768896	7.560441								
Temporal	318.822649	136.555677	34.306278	13.924913	7.723456	4.896811								
	391.907165	400.562297	49.327442	20.805765	12.833725	6.871765								
Parietal	515.720223	400.750793	54.178554	22.963831	18.218708	10.427605								
	38.128476	24.486437	6.151209	3.221599	1.973602	1.383842								
Occipital	337.394447	311.991438	40.12282	17.148944	11.975861	6.189497								
	321.735909	251.047252	44.264146	18.932904	11.631992	6.521295								

Raul1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Raul2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	17.564048	3.738622	2.092026	1.214368	0.884163	0.681189		Frontal	161.013606	30.266804	10.242114	5.500151	3.022534	1.523894
	20.48767	6.460748	4.360308	2.359081	1.692702	1.349721			77.248568	16.328284	7.408246	4.009943	2.429076	1.579487
	24.501645	3.78539	1.336036	0.644052	0.400168	0.30896			335.259905	62.421673	21.084284	10.918702	5.644845	2.577689
	19.813711	5.997731	4.107088	2.125988	1.499184	1.208634			88.327526	18.65503	8.240408	4.42209	2.741238	1.744904
	37.549821	11.745794	11.94224	9.009536	7.156231	5.950219			63.46588	14.498669	14.446735	9.288238	7.981981	6.46556
	88.49119	20.37932	14.153085	9.33951	6.985421	5.492622			79.794997	16.206255	14.304818	8.977996	7.539127	5.91642
	30.266876	10.340493	11.062792	8.38646	6.315584	5.065542			12.622218	3.497328	3.487447	2.535705	1.998563	1.640517
	44.631973	11.804771	9.64065	6.50476	4.784327	3.742081			44.807571	9.607634	7.551565	4.696433	3.750777	2.894512
Temporal	61.385306	22.428488	15.75017	7.904146	5.002217	4.021741		Temporal	79.867694	23.483287	18.495211	9.561232	5.597066	4.443771
	39.638521	10.846303	9.041793	6.210212	5.694623	5.012117			44.963345	10.307187	9.47707	6.406524	6.388758	5.482459
Parietal	58.801212	20.099377	11.094972	7.229596	5.82286	5.100355		Parietal	68.205536	20.309689	11.968608	7.533216	6.220923	5.414981
	49.138434	11.227196	8.985046	6.625328	7.614775	6.391695			51.636934	11.030104	10.279374	7.19582	7.667047	6.481646
Occipital	36.987671	12.306152	8.851737	6.452065	5.910823	5.146153		Occipital	47.568405	12.507207	9.957898	7.002921	6.413337	5.436704
	35.574176	10.263569	8.566352	6.423305	6.527245	5.606822			44.277844	10.35242	9.858556	7.035831	6.923098	5.841918
Raul3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Raul4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	50.594344	11.11313	4.289507	2.729068	2.047318	1.664957		Frontal	94.442352	20.49926	7.704813	4.649928	2.745381	2.072844
	35.434926	10.194488	5.581306	3.26436	2.456422	2.164294			57.687581	16.721348	7.431448	4.785004	2.412333	2.043223
	99.360824	21.189378	7.416404	4.482209	3.165059	2.312525			189.913147	40.080928	14.458775	8.104334	4.554571	3.186297
	39.808674	11.426895	5.99089	3.666461	2.858007	2.500977			63.728578	17.787726	7.543555	4.890448	2.43083	2.096178
	84.400807	20.60384	12.830174	10.401222	10.128691	9.197504			104.792337	27.631242	11.75216	9.736091	7.805328	7.567808
	83.306157	24.905304	14.201652	10.980393	9.494801	8.375816			68.32084	23.13176	11.854071	9.351319	6.734705	5.833796
	17.159151	5.558485	4.018467	2.608551	2.241476	2.134961			46.092789	13.94017	9.728335	8.09081	6.551711	5.803709
	38.077824	11.529925	6.729578	4.971872	4.176198	3.754599			40.725828	14.079778	7.971043	6.140514	4.381272	3.733607
Temporal	76.442612	27.982776	20.133846	11.497418	7.558708	6.94802		Temporal	87.863607	38.487083	21.396693	13.581227	5.642621	5.0428
	40.348537	12.268199	8.66474	8.999685	9.74792	9.815996			41.660654	13.745356	6.785759	7.336477	7.240639	7.859519
Parietal	77.166946	26.297452	15.886127	10.818955	9.824997	9.20364		Parietal	85.716513	34.215394	15.197943	10.388748	6.354292	6.449588
	56.427608	15.819586	11.230413	11.94025	16.425751	19.678448			69.090945	17.573842	8.311683	9.234706	9.732804	11.668197
Occipital	51.867043	17.037247	11.757074	9.338145	8.994852	8.36591		Occipital	54.580317	19.415798	9.448161	7.991215	5.658694	5.758965
	47.230066	14.571663	10.636037	9.836216	11.009691	11.458609			51.486896	15.503983	7.691502	7.766139	6.740524	7.341141
Raul5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma								
Frontal	106.599175	24.452551	9.086688	5.095012	2.788177	1.621262								
	56.234398	17.109355	7.423791	3.798764	2.012502	1.420444								
	227.893726	49.232644	18.134013	9.536	5.049027	2.704393								
	63.236616	18.332826	7.70255	3.937029	2.045035	1.380281								
	50.521582	22.806543	10.670037	5.627253	3.405702	2.667397								
	67.940455	24.635854	13.192177	8.964866	5.672057	4.424942								
	54.702043	16.885827	8.846857	5.601278	3.565626	3.182413								
	38.65052	14.032028	7.93554	5.551769	3.49272	2.800464								
Temporal	81.635369	40.836065	19.129647	8.387168	4.095412	3.3998								
	54.519038	17.893879	7.870787	5.159228	3.800825	3.408333								
Parietal	83.771103	38.578858	16.180463	8.226392	5.410186	4.625819								
	80.35631	24.566766	10.578601	7.217972	6.463362	6.597506								
Occipital	55.427997	24.659047	10.414755	5.987477	4.105025	3.545712								
	55.228426	20.968714	8.945907	5.724859	4.406683	4.082619								

Leo1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Leo2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	10.11947	1.50714	1.373393	1.102591	1.23735	1.453848		Frontal	18.581596	2.818661	1.970386	1.423279	1.595789	1.60453
	15.933253	2.353081	2.038887	1.658162	2.174285	2.895409			15.857141	2.87776	2.511017	1.871697	2.728809	3.051978
	16.691701	1.413546	0.539515	0.306926	0.214897	0.167636			39.963493	5.055623	1.873067	0.996765	0.601103	0.384957
	14.243728	2.023995	1.486021	1.160744	1.532935	2.097023			16.528323	2.812037	1.994351	1.37885	2.017949	2.228804
	14.762992	4.347525	4.674179	3.923802	5.667132	7.52723			17.403217	4.590846	5.333375	4.223505	6.766249	7.753455
	21.363526	6.607091	6.702556	5.18632	6.15083	7.757984			24.798942	6.520982	7.378872	5.230609	7.331264	7.882905
	22.125996	4.671816	5.701186	5.127747	7.419951	9.728686			22.999122	4.653399	6.197848	5.297261	8.741375	10.01059
	30.07133	8.187083	9.728738	8.46098	9.356206	10.840871			32.961099	7.83103	10.003451	8.540632	10.469141	10.623876
Temporal	50.768089	7.342993	5.52377	4.299757	5.579923	7.567645		Temporal	34.820314	7.116818	6.377575	4.571515	6.988693	7.773455
	50.332254	4.345622	4.281865	4.359552	7.92031	10.701096			36.310209	4.011466	4.692417	4.700024	9.879135	11.721321
Parietal	44.715819	8.422081	6.462422	5.393183	7.084416	9.884966		Parietal	53.072785	8.006164	6.959893	5.50424	8.606918	9.716517
	35.53144	7.551678	4.803796	4.46978	8.607882	12.183478			42.338291	7.297843	4.897497	4.858786	10.816079	12.087647
Occipital	47.547232	6.839969	5.281006	3.866641	4.775826	6.205105		Occipital	34.04486	5.360636	4.71585	2.937968	4.450882	4.680591
	54.850963	9.813191	6.515782	5.088768	7.185722	9.966414			78.521773	8.733911	6.882524	5.043148	8.516343	9.806402
Leo3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Leo4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	33.981972	5.398115	2.687503	1.983375	1.9494	1.844499		Frontal	9.27189	1.539754	1.488773	1.187619	1.502603	1.524331
	21.694241	3.959971	2.833868	2.233778	3.029629	3.393122			12.059328	2.987303	2.372557	1.819703	2.74301	2.977426
	83.850718	11.287759	4.014515	2.166386	1.205198	0.658959			14.89915	1.390184	0.533717	0.333708	0.192509	0.138687
	25.764031	4.198922	2.454082	1.777865	2.252685	2.482868			11.115506	2.63395	1.736144	1.318177	1.969765	2.145549
	15.887831	5.46217	5.469931	4.7352	7.560014	9.184769			16.360846	5.783006	6.31811	5.090824	7.528864	8.390762
	22.474655	7.545442	7.164931	5.820267	8.047302	9.04109			22.777149	7.572878	7.709967	5.98962	7.800709	8.351026
	20.81271	5.265392	6.221065	5.929231	9.786848	11.683223			22.558246	5.489338	6.896176	5.630707	9.19541	10.283426
	29.701199	8.875509	9.974329	9.567988	11.750921	11.951957			33.332015	8.457609	10.580172	8.530322	10.919563	10.824666
Temporal	31.697123	7.835016	6.699859	5.005648	7.452457	8.572445		Temporal	34.66094	10.28536	6.683445	4.859286	7.206701	7.674978
	36.308679	4.31796	4.753527	5.284655	10.468949	13.667386			49.335505	5.923381	5.590788	5.587346	9.918006	11.686446
Parietal	52.228535	8.725289	7.704311	6.334955	9.356154	10.993423		Parietal	62.587823	11.176806	7.54959	6.109166	8.815915	9.802555
	44.905917	8.299001	5.834914	5.764264	11.249372	14.581713			48.52992	6.563401	5.521992	5.886149	10.295824	12.193061
Occipital	20.400944	4.414961	4.433459	2.836618	4.099062	4.60177		Occipital	16.302424	4.233766	3.553775	2.188331	3.217572	3.361856
	99.659096	10.050446	7.022435	5.867087	9.064758	10.917279			114.375824	13.147742	7.398496	5.953244	8.475226	9.67728
Leo5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma								
Frontal	136.484522	22.785544	8.347343	4.65479	3.21505	2.070934								
	62.291017	11.301712	5.299023	3.448258	3.277666	3.024607								
	347.467147	59.892096	19.461811	10.064457	5.152039	2.239615								
	83.385877	14.744894	5.818851	3.407721	2.755152	2.27416								
	15.777965	5.973195	6.496767	5.53025	7.109363	7.693266								
	103.527615	6.666569	5.077111	3.885166	4.57347	4.783039								
	27.158636	6.424358	6.929666	6.034064	8.324511	9.138728								
	29.925604	8.362739	10.235714	8.898937	10.547891	10.332951								
Temporal	28.218636	9.389359	7.322608	6.122524	6.762856	7.262526								
	83.51559	13.521652	7.611477	6.381791	9.009819	10.281511								
Parietal	40.562844	8.864589	8.292893	6.935257	8.114102	8.997435								
	45.509579	6.86418	5.974882	5.852789	9.319256	11.438339								
Occipital	10.372689	3.498808	3.727257	2.385633	2.630796	2.776655								
	119.778709	16.411115	9.073087	7.175052	7.947602	8.825885								

Julian1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Julian2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	21.738834	7.344278	5.716724	6.618275	7.933971	7.055084		Frontal	18.293737	6.622078	6.877334	7.747213	9.599947	10.735027
	27.967121	8.476914	5.132855	5.54237	7.100784	6.499439			22.191114	6.903627	6.453283	6.947506	8.949551	10.286675
	23.431025	7.893888	5.649202	6.473578	8.105964	7.338224			19.541095	6.704339	6.962837	7.754974	9.819836	11.180451
	31.157417	9.563117	5.512086	5.847756	7.651319	7.051858			24.445421	7.412006	6.856166	7.309394	9.500182	11.027145
	17.814218	6.103097	4.486402	5.499647	7.916074	7.385291			16.150227	5.584311	5.720188	6.744648	9.742086	11.26034
	14.970224	7.120919	5.447071	6.261094	7.65707	7.076435			15.548226	6.729808	7.148367	8.003305	9.568386	10.953398
	7.847111	2.274295	1.770646	2.07688	2.50196	2.439342			11.704674	3.780796	3.427968	3.772388	4.481285	5.150865
	27.892235	9.810284	8.292272	9.19001	9.990535	8.404657			22.447762	8.926286	8.552194	9.563497	11.376589	12.137721
Temporal	56.78927	15.869616	6.918384	5.964847	7.797404	7.223992		Temporal	41.931521	11.501406	8.168255	7.613985	9.871541	11.528725
	8.953113	3.56272	3.671581	6.290759	12.009283	11.424559			9.60564	3.480917	4.85108	7.829924	15.598259	17.16198
Parietal	45.540003	11.550032	5.625744	5.791236	8.497969	7.942232		Parietal	30.091578	8.76821	6.544712	7.419301	10.69766	12.36099
	15.998784	4.935083	4.458053	7.036012	14.798809	14.382288			16.076844	5.91826	6.347395	9.085366	19.260745	21.61289
Occipital	44.095896	13.015588	6.571307	6.009871	7.868594	7.292788		Occipital	35.592462	10.041055	7.957345	7.578341	9.90245	11.537462
	17.726525	5.68303	4.33057	5.816561	10.43489	10.056348			15.724582	4.998153	5.834759	7.47695	13.396683	15.465022
Julian3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Julian4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	21.815123	6.452874	6.509967	8.178807	10.094719	9.8804		Frontal	18.040463	7.485609	6.28827	7.986159	9.236389	9.090318
	25.013758	7.327044	6.065577	7.484646	9.727837	9.56055			23.624358	7.852094	5.916996	7.583194	9.09657	9.013684
	22.46201	6.720794	6.460918	8.165714	10.407648	10.226824			19.574928	7.462688	6.231688	8.071048	9.601725	9.51404
	27.218353	8.008324	6.385065	7.807299	10.315692	10.161737			26.132114	8.369246	6.224592	7.94379	9.664522	9.611606
	20.222489	6.112391	5.685203	7.454824	10.854891	10.434623			15.664385	5.690249	5.378091	7.396708	10.19901	10.155996
	16.918854	6.874736	6.821202	8.454658	10.491724	10.115115			14.10366	7.164874	6.434733	8.506681	9.991127	9.745986
	13.379532	4.877731	3.676218	4.60288	5.629846	5.359323			14.100998	5.131057	4.175892	5.451662	6.241914	6.04221
	30.025936	8.36541	8.617566	10.05483	11.552735	11.184706			21.94163	10.482987	8.399898	9.341164	10.124251	9.782226
Temporal	46.012948	13.053738	7.656504	8.21487	10.940778	10.766436		Temporal	47.137015	13.043599	7.56661	8.535248	10.286511	10.192336
	12.561376	4.570527	5.428024	9.07845	17.370098	16.375655			9.504047	4.41935	5.554098	8.920672	16.553382	16.239847
Parietal	34.460081	9.502526	5.851105	7.718013	11.147386	11.30447		Parietal	38.571508	9.558194	6.77507	8.725234	11.013513	10.909199
	19.487155	5.960307	6.063255	10.907648	21.127816	20.28092			27.593528	10.09808	9.114147	11.971766	20.226681	19.631962
Occipital	39.782038	10.898597	7.293959	8.24311	11.080456	10.763543		Occipital	37.862731	11.427505	7.556611	8.467527	10.33563	10.12762
	19.270402	5.527849	5.570367	8.631637	14.960262	14.464186			19.511735	6.701847	6.588303	9.052626	14.169054	13.932976
Julian5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma								
Frontal	19.257214	5.930668	5.74978	7.131985	9.010158	9.164202								
	24.194321	6.891806	5.872461	6.856054	9.025523	9.267009								
	20.468521	6.35017	6.052315	7.34614	9.45662	9.723132								
	26.232345	7.559186	6.31623	7.236735	9.610733	9.951417								
	15.114117	5.033416	5.437533	6.932129	10.053115	10.402659								
	16.174438	6.67977	6.945588	8.161537	9.935991	10.200568								
	15.131631	4.355544	4.103044	4.814271	5.94964	5.884336								
	23.576568	6.750191	6.167441	7.741053	9.489998	9.456827								
Temporal	45.452922	11.980637	7.725266	7.661475	10.329278	10.651304								
	10.091278	3.59289	5.126079	8.847483	16.605734	17.036725								
Parietal	36.692703	9.483243	6.675802	7.763744	10.947748	11.55494								
	31.798334	13.707101	10.505426	11.390806	20.339457	20.907923								
Occipital	37.627577	10.004705	7.541636	7.673894	10.48626	10.771502								
	19.508182	6.986776	6.739986	8.407991	14.300557	14.853563								

Irvin1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Irvin2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	310.419494	72.103251	29.007143	16.884457	6.779748	4.624112		Frontal	538.436488	127.465468	41.900686	18.784448	9.620386	5.25926
	224.980841	52.126242	19.563743	10.923365	4.203239	2.728363			354.399688	77.986011	24.473754	11.560452	5.546554	2.944639
	310.478427	71.134651	27.756497	15.733249	6.258558	4.209288			538.26745	125.626826	40.471482	18.394028	9.110555	4.823512
	245.031286	56.320074	20.842238	11.333099	4.414589	2.866382			397.337007	87.336664	27.172094	12.843317	6.062522	3.175816
	343.484911	84.413046	35.045565	18.246699	8.085734	6.012275			697.653512	166.162591	57.04257	23.427828	12.580206	7.470673
	586.268374	106.865938	43.282965	24.354957	10.813141	7.961051			819.740529	198.598832	72.561053	30.142869	15.869492	9.473192
	109.897022	24.66239	10.894841	6.493472	2.60276	1.840976			68.726604	13.759143	5.115845	2.331049	1.162464	0.779669
	418.480956	96.724826	42.097476	25.567962	11.171712	8.13569			750.241	184.287414	63.713687	27.797282	15.62169	9.627361
Temporal	191.621617	42.271739	15.412167	7.700536	3.059174	2.022135		Temporal	246.771955	50.346463	15.900588	7.604357	3.681623	2.064728
	472.50823	102.405722	37.151322	17.516552	7.985385	5.424508			901.664216	196.724154	64.193792	25.541506	13.819179	7.907232
Parietal	337.054051	72.79411	27.098525	13.573962	5.922286	3.747605		Parietal	454.475496	96.237549	31.576848	13.922272	6.988216	4.505033
	95.597545	19.115467	7.482125	3.541889	1.910989	1.308603			140.913273	26.361865	8.603235	3.651574	2.066796	1.357741
Occipital	100.900561	19.390066	7.316556	3.580301	1.630062	1.017925		Occipital	213.410181	37.318955	11.76073	5.821227	2.757933	1.569513
	226.147198	52.534132	31.518781	11.654179	5.893199	3.099115			557.874474	127.997805	40.897054	17.7704	9.088816	4.84393
Irvin3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Irvin4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	368.286814	122.459472	51.332227	27.852595	11.738107	5.872091		Frontal	445.834931	129.883921	39.820637	21.125671	10.538314	5.244434
	308.289767	98.427957	40.727411	21.71717	8.947717	4.127299			296.526941	74.537988	24.262876	12.750613	5.879598	2.808856
	388.289674	129.47643	53.398594	29.062054	12.121181	5.85734			450.072337	125.883906	39.246992	20.795031	10.075172	4.912903
	350.341562	113.349854	46.682266	24.822512	10.291284	4.715644			341.112057	85.179128	27.951558	14.688174	6.7166	3.21499
	387.792227	135.934427	62.727133	30.589933	14.108956	7.651488			557.041256	165.439102	54.002775	27.274666	14.349168	8.058264
	489.326612	144.940135	66.356016	35.283751	15.611959	9.0592			652.007372	174.796535	57.757782	29.956495	15.773085	9.383405
	25.850687	8.125853	4.097115	2.07053	1.002315	0.625823			35.115583	7.548997	3.353357	1.635419	0.872978	0.59579
	472.480583	152.104065	66.949617	35.844699	16.143141	9.224017			638.060621	201.870379	59.664089	32.144251	17.412155	9.576021
Temporal	371.861423	104.839225	45.530296	22.115416	9.308076	4.234893		Temporal	241.983216	48.774365	16.802167	8.583926	3.628687	1.762331
	599.948659	164.983551	70.973262	32.736213	14.66724	7.522102			781.297749	213.467395	61.836126	29.414587	14.934595	7.688079
Parietal	480.996624	137.956941	60.702597	27.994069	13.298129	6.868695		Parietal	533.23235	123.94182	48.049676	23.624182	11.542678	6.4392
	82.373155	19.990597	8.384064	3.935997	1.951443	1.0158			36.22391	7.40772	2.662113	1.322073	0.653341	0.395485
Occipital	127.04578	45.133845	17.321806	9.543255	3.90974	1.723329		Occipital	152.281283	34.253657	12.041199	6.191958	2.711599	1.332473
	309.93217	99.806185	44.182456	21.616845	9.555476	4.546283			277.926632	63.737788	24.120008	13.210886	5.810287	2.847246
Irvin5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma								
Frontal	266.543637	310.350782	29.446832	13.77833	10.220427	4.099704								
	169.035552	108.183578	16.314667	8.286651	5.126065	2.232364								
	248.305395	257.636618	26.92971	13.168163	9.337716	3.735245								
	182.687173	111.861935	17.645936	9.265109	5.656126	2.463575								
	358.569179	435.636608	46.030945	20.062456	15.560716	6.899325								
	322.60068	384.708688	43.78754	19.217058	15.841856	7.361982								
	38.642894	9.241313	4.589977	2.25601	1.317163	0.94731								
	450.603149	650.236178	50.36232	21.87836	18.1972	7.722332								
Temporal	132.534822	28.501585	9.870208	5.208546	2.748365	1.422721								
	468.933404	514.937217	50.819578	21.710844	15.758273	6.521612								
Parietal	331.987543	142.988251	39.500725	17.873446	11.373156	6.134311								
	16.476042	3.724756	1.579618	0.799067	0.456727	0.29607								
Occipital	144.557627	30.20579	11.438045	6.127769	3.210626	1.620851								
	248.720207	46.584365	16.5837	8.640787	4.183497	2.108548								

Luis1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Luis2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	13.274804	9.035688	7.193647	6.246061	3.797015	2.095667		Frontal	14.590825	9.348354	7.22541	7.342645	4.40009	2.57007
	17.156487	10.888047	6.777455	5.778718	3.524967	1.868338			17.959074	11.145407	6.759148	6.900735	4.012983	2.339829
	13.657026	9.013076	6.483495	5.58258	3.36985	1.820894			14.838492	9.289055	6.543132	6.582045	3.876043	2.264395
	17.688106	10.881916	6.270349	5.330978	3.225717	1.681083			18.330944	11.190967	6.30019	6.352474	3.640371	2.131337
	12.000611	4.836093	3.669848	2.507165	1.594805	1.031099			14.107071	7.47405	4.855492	3.386783	3.270984	2.323047
	15.509005	8.494028	6.808174	5.573846	3.377958	2.272491			18.917284	8.863345	7.568745	6.495626	4.003602	2.773195
	14.011293	7.388357	6.577872	5.943272	3.982541	2.773822			14.910547	7.581801	7.34398	7.118343	4.822126	3.28096
	15.586305	10.577742	9.821382	8.621415	5.234417	2.974379			17.001072	11.182141	9.71297	9.934053	6.091391	3.550726
Temporal	33.864089	19.652334	8.651489	7.051909	4.215258	2.074335		Temporal	32.590474	20.15779	8.492841	8.415468	4.619582	2.682615
	9.836442	4.313934	3.496187	3.231087	2.591311	2.07786			12.416492	4.725896	3.81002	4.157768	3.030279	2.561302
Parietal	35.940335	12.945762	7.625568	6.831251	4.081956	2.223653		Parietal	40.480583	14.433416	7.692919	7.372418	4.553088	2.708684
	13.158899	4.683324	3.489528	3.146481	2.474668	1.672958			13.720554	5.200849	3.629826	3.901355	2.832933	2.039366
Occipital	19.588193	13.002745	6.642847	5.397532	3.237025	1.615644		Occipital	18.9509	13.568089	6.319272	6.238078	3.557789	2.043642
	18.084273	9.72985	6.222132	5.549113	3.451941	1.907508			18.657772	10.495028	6.59365	6.566999	3.906711	2.442175
Luis3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Luis4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	13.88358	9.168105	7.218679	6.100664	3.913376	2.172408		Frontal	15.430326	8.4626	8.098827	6.897288	4.290367	2.4754
	17.492329	10.61599	6.960633	5.851731	3.654103	1.979579			18.330839	9.669888	7.747489	6.515705	3.982502	2.183241
	14.409143	9.112879	6.707794	5.636541	3.57185	1.954455			15.273488	8.470651	7.530468	6.28869	3.888156	2.194134
	18.339893	10.667575	6.646595	5.578828	3.453131	1.867486			18.559681	9.801667	7.380124	6.139484	3.733406	2.01391
	17.047872	6.51452	5.357159	3.656275	2.776971	1.883041			17.833082	6.511992	5.404759	4.048443	2.811364	1.949199
	15.605693	8.474628	6.645129	5.001938	3.399992	2.214253			15.012851	7.972293	7.289226	5.300664	3.668501	2.497941
	14.274012	7.741611	6.605468	5.654089	3.944829	2.721246			13.95463	7.030937	7.46636	6.110027	4.314882	3.023486
	16.257547	10.913662	9.413075	7.99961	5.22867	3.001502			19.667441	9.9627	10.359632	9.252422	5.753366	3.419023
Temporal	32.739111	17.99432	8.756176	7.184306	4.264204	2.255566		Temporal	32.802524	16.00926	9.505372	7.834593	4.561999	2.276839
	11.621071	4.546997	3.643686	3.012743	2.499765	1.95044			10.714165	4.225714	3.625184	3.195178	2.540922	2.035853
Parietal	38.869196	13.080609	7.436449	6.411257	4.040412	2.450189		Parietal	42.810867	12.887239	8.00351	7.24237	4.200406	2.345491
	15.119129	4.710296	3.680217	3.268511	2.431355	1.662811			13.945069	4.554582	3.815556	3.592071	2.528849	1.63552
Occipital	16.721883	11.689861	6.188582	5.141215	3.108558	1.655565		Occipital	18.240103	10.644338	6.783804	5.649387	3.325307	1.740976
	17.34202	9.809756	6.459717	5.549292	3.55407	2.025636			18.471579	9.014041	7.151257	6.284572	3.812118	2.093504
Luis5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma								
Frontal	15.095259	9.267185	8.146124	7.413621	4.720722	2.676018								
	16.93545	10.549833	7.553646	6.802065	4.34775	2.370164								
	14.832692	9.170944	7.468459	6.676512	4.229094	2.3649								
	17.406495	10.645432	7.122902	6.317863	4.001845	2.174946								
	23.513164	8.230653	5.807166	4.646082	3.222178	2.201605								
	17.864866	8.622457	7.902765	6.294448	3.993344	2.644944								
	16.28216	8.211307	7.798557	7.235087	5.031819	3.357916								
	20.614969	11.287399	10.723566	10.029246	6.336965	3.731029								
Temporal	28.424101	17.592071	8.998175	7.737076	4.754167	2.465351								
	11.195606	4.952161	3.876146	3.802519	3.40829	2.529339								
Parietal	36.14001	12.431648	7.409288	6.198709	4.089546	2.46323								
	14.308491	5.013973	4.066397	3.754014	3.215232	2.044686								
Occipital	16.722482	11.355097	6.453883	5.567279	3.447003	1.819246								
	17.113041	9.979444	6.883936	6.428613	4.160919	2.40739								

Manuel1	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Manuel2	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	97.675405	17.007939	7.091779	5.032281	2.42217	1.559121		Frontal	78.092058	13.60153	6.116513	3.936118	2.269958	1.505932
	46.481044	10.06969	7.697434	8.09478	3.754514	3.252719			37.454804	8.518301	8.927297	7.740254	4.229847	3.613377
	276.898117	46.399257	16.193706	9.063362	4.56446	2.347245			215.042917	36.613376	12.13098	6.820422	3.687986	1.846292
	61.955828	12.651596	7.961993	7.680687	3.669891	3.076374			48.486087	10.489833	8.458617	7.004653	3.938425	3.312465
	21.9281	9.250149	13.8547	14.315132	8.085763	7.774108			17.650027	8.826775	16.752746	13.853701	8.882323	8.325853
	21.50493	8.761942	19.195762	22.716991	10.712918	10.372946			16.852735	7.059419	24.865297	23.143764	12.291714	11.387352
	23.327317	8.244757	22.282296	28.43792	13.242569	12.488901			17.56931	7.2362	30.243937	29.026979	15.540477	13.865635
	11.883361	3.267288	5.916065	7.511778	3.423732	3.337975			10.419023	3.190096	9.310459	8.921336	4.579259	4.068767
Temporal	65.435173	18.406226	18.518666	21.253083	9.845918	9.201657		Temporal	49.801267	16.900598	24.241724	22.234189	11.608753	10.442091
	12.657855	4.053072	8.16958	8.685694	6.435741	6.801919			10.201842	3.599299	9.085274	8.590308	6.952706	7.484613
Parietal	53.438383	13.458175	12.83568	15.782844	7.964609	7.758471		Parietal	49.522683	13.11478	16.807837	17.426346	9.345026	8.896351
	21.985566	5.269865	4.620275	5.11643	4.228611	4.867332			17.992848	4.962595	4.831107	5.37371	4.520816	5.381483
Occipital	29.721304	12.412974	15.0991	18.181662	8.667309	8.216744		Occipital	21.078937	10.695398	20.223579	18.616401	10.159227	9.307867
	24.091692	8.509589	11.478731	14.961473	7.902029	8.393885			21.768648	7.964188	15.08728	15.496178	9.47063	9.34864
Manuel3	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma		Manuel4	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
Frontal	50.998667	8.246159	4.68041	3.097339	1.714451	1.321025		Frontal	102.583982	18.308794	7.559822	4.71344	2.568576	1.597969
	27.05339	6.284897	7.573386	6.599823	3.516834	3.229414			46.155604	10.102224	7.463308	6.841989	3.838407	3.063704
	140.728234	22.079241	8.175778	4.585347	2.632018	1.616779			286.99901	49.735461	17.981971	9.619285	5.01306	2.619382
	34.502593	7.528154	7.11216	5.881971	3.247285	2.971532			62.63478	12.740581	7.786551	6.526244	3.752275	2.904569
	21.233562	8.54346	14.828054	13.08388	8.299166	7.752673			22.59626	9.330203	12.864093	11.388962	7.817902	7.137385
	17.889378	7.202104	20.827698	20.366296	10.858769	10.373042			20.448249	7.890378	18.453836	18.617793	10.315851	9.465326
	18.022013	7.243086	24.976357	25.61081	13.531132	12.586055			21.936175	8.247593	21.779566	23.936423	12.971682	11.644568
	9.12399	2.835975	7.558758	7.671454	3.899474	3.651871			10.120583	3.17281	6.105567	6.813785	3.615135	3.198327
Temporal	50.536446	15.60033	20.332481	19.118388	10.170211	9.50955		Temporal	41.246627	16.6657	17.084674	17.801772	9.970079	8.644809
	11.397975	3.190583	7.162742	7.506976	6.66243	6.960224			12.931118	3.897037	6.50976	6.820183	6.397361	6.430829
Parietal	44.227925	10.417735	13.275496	14.424926	7.975265	8.030126		Parietal	45.402601	11.879954	11.789692	12.932179	7.766155	7.400432
	13.904094	3.734716	4.317848	4.588709	4.369215	5.050721			17.496389	4.31571	4.40854	4.239754	4.268979	4.846019
Occipital	24.076886	9.511159	16.7306	16.147679	8.90785	8.578352		Occipital	23.854177	10.747075	14.348841	15.387667	8.914285	7.793922
	21.032402	6.467909	12.36709	13.565841	7.941954	8.280027			21.27471	7.579675	10.666482	12.0109	7.870286	7.484715
Manuel5	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma								
Frontal	10.537195	1.90275	1.734513	1.770802	1.00236	0.87717								
	12.4645	3.842683	5.380995	5.84301	3.188169	2.752466								
	24.320375	3.113645	1.275623	0.948294	0.641199	0.560628								
	13.826008	3.854192	4.780623	5.00287	2.825909	2.506684								
	20.561202	8.917908	13.206718	12.45128	7.77526	7.418734								
	20.505398	9.07149	18.165591	19.84602	10.701809	9.501722								
	23.528264	9.138329	21.675986	25.185694	13.580159	11.718218								
	9.9917	3.298286	5.874065	7.081407	3.66256	3.038517								
Temporal	43.997039	15.918973	17.672533	18.230993	9.862415	8.413815								
	11.266503	4.327203	7.222148	7.604164	6.329675	7.155114								
Parietal	46.781887	12.099965	12.603418	13.813658	7.639197	7.178461								
	18.790298	4.61684	4.083068	4.086731	4.110496	4.839374								
Occipital	25.79767	10.78717	14.62067	15.694131	8.783124	7.453415								
	22.186233	7.533306	11.447006	12.641649	7.785607	7.610001								