

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. JUÁREZ

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**ANÁLISIS NEUROERGONÓMICO EN UN ENSAMBLE DE MOVIMIENTOS
REPETITIVOS EN UN PROCESO INDUSTRIAL**

**TESIS
QUE PRESENTA**

ANA ISELA GARCÍA ACOSTA

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

Cd. Juárez, Chih.

Mayo 2019

CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.1.2 Relación entre Estrés y EEG.....	6
1.2 Medición de las Emociones.....	7
1.2.1 Emociones Medidas con el Ritmo Cardíaco, Conductividad de la Piel y EEG.....	7
1.2.2 Frontal EEG Asimetría.....	9
1.2.3 Método para Detectar Emociones por Medio de un EEG.....	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2.1 Definición del Problema... ..	15
2.2 Preguntas de Investigación.....	16
2.3 Hipótesis.....	16
2.4 Objetivos.....	17
2.5 Justificación de la Investigación.....	17
3. MARCO TEORICO	19
3.1 Estrés.....	19
3.2 Como se Presenta el Estrés.....	20
3.3 Signos y Síntomas del Estrés.....	21
3.4 Tipos de Estrés	21
3.5 Trabajo y Estrés.....	23
3.5.1 Concepto de Trabajo	23
3.5.2 Concepto de Salud.....	23
3.5.3 Relación entre Salud y Trabajo.....	23
3.5.4 El factor Humano como Elemento Clave en la Productividad.....	24

3.6 Estrés en el Trabajo.....	24
3.7 Estrés Laboral.....	25
3.7.1 Estresores Laborales.....	26
3.8 Tareas Repetitivas.....	30
3.8.1 Carga de Trabajo Cognitiva EEG.....	31
3.9 Productividad.....	32
3.10 Formas para Medir el Estrés.....	33
3.10.1 Cuestionarios Psicológicos.....	33
3.10.2 Medidas Fisiológicas del Estrés.....	33
3.10.3 Medidas Autonómicas.....	34
3.11 Regiones del Cerebro y sus Funciones.....	35
3.12 Electroencefalografía.....	37
3.12.1 Electroencefalograma.....	38
3.12.2 Historia del Electroencefalograma.....	38
3.13 Ondas Cerebrales.....	39
3.13.1 Ondas Alfa (α).....	40
3.13.2 Ondas Beta (β).....	41
3.13.3 Ondas Theta (θ).....	41
3.13.4 Ondas Delta (δ).....	41
3.13 Neurotecnología.....	42
3.14 Análisis Espectral de una Señal.....	42
3.15 Tipos de Registros Electroencefalográficos.....	42
3.16 Disposición de los Electroodos.....	43
3.17 EmotivEpoc.....	44
3.17.1 Electroodos.....	45
3.17.2 Impedancia del Electrodo en las Señales del EEG.....	46
3.18 Software Emotiv Pro.....	47
3.19 Validación del Emotiv Epoc.....	48
4. METODOLOGIA.....	49

5. BIBLIOGRAFIA.....

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Medidas Psicológicas en los Estados Enojado, Nervioso, Contenido.....	9
Tabla 2. Ondas Cerebrales.....	40
Tabla 3. Potencia de las Ondas Cerebrales.....	65
Tabla 4. ANOVA Diseño Anidado.....	66
Tabla 5. Prueba de Normalidad de las Ondas Cerebrales.....	67
Tabla 6. Prueba Fisher de la Onda Cerebral High Beta.....	68
Tabla 7. Comparación entre la Media de la Intensidad contra el Tiempo Estándar y entre las Tres personas.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Las Emociones y el Desempeño.....	11
Figura 2. Partes del Encéfalo.....	36
Figura 3. Localización de los Electrodoen el sistema 10/20 EEG.....	44
Figura 4. Lugar de Sensores.....	45
Figura 5. EmotivEpoc.....	45
Figura 6. Emotiv Insight.....	47
Figura 7. Consentimiento Informado.....	51
Figura 8. Diseño del Experimento.....	53
Figura 9. Ensamble Manual de la Estación Uno.....	54
Figura 10. Canales del Emotiv Epoc por Nombre.....	55
Figura 11. Canales de Emotiv Epoc por Número.....	56
Figura 12. Limpieza de Artefactos.....	57
Figura 13. Interpolación de los Canales.....	57
Figura 14. Aplicación del Algoritmo ASR.....	58
Figura 15. Rechazar Automáticamente el Ruido.....	58
Figura 16. Persona 1, media hora.....	59
Figura 17. Persona 2, media hora.....	60
Figura 18, Persona 3, media hora.....	61
Figura 19. Persona 1, una hora.....	62
Figura 20. Persona 2, una hora.....	63
Figura 21. Persona 3, una hora.....	64
Figura 22. Prueba de Normalidad Low Beta.....	67
Figura 23. Prueba de Normalidad High Beta.....	67

1. INTRODUCCIÓN

El estrés es un trastorno que afecta continuamente a la población, sin importar edad, estado civil, género o actividad y todos en algún momento nos vemos afectados por él. Nuestra sociedad necesita que las personas estén aptas y capacitadas para enfrentar y resolver problemas laborales. (Moreno, 2012).

Una empresa puede tener la mejor tecnología, infraestructura y equipo más moderno, pero esto no le garantiza el éxito y su permanencia en el mismo. Únicamente las personas son capaces de lograr el éxito o fracaso de una organización, con sus habilidades, conocimientos, aptitudes y actitudes. El personal no es un recurso de la organización, es la organización. Los recursos son el medio (bienes) que se utilizan para conseguir los objetivos planeados. El valor de las personas en las empresas es esencial e irremplazable, es decir, una organización no dispone de las personas, sino que es formada por personas (Fernández, 2011).

Existe el estrés que no afecta negativamente a las personas, que pone a prueba las habilidades de afrontar las situaciones del medio ambiente y laboral. El eutrés (estrés positivo), se experimenta como un placer, excitación y aprendizaje para realizar nuestras actividades diarias (presentar un examen, realizar ejercicio, mejor desempeño de nuestro trabajo, entre otros). El estrés es una respuesta psicológica y fisiológica vital para el ser humano que al exceder sus límites se convierte en un estímulo negativo que afecta la salud física y mental del individuo.

Dentro de varias etiologías del estrés, se encuentra el estrés laboral que ocurre cuando los requerimientos del trabajo no son compatibles con los recursos o las capacidades de los trabajadores. Cuando se presenta el estrés de una manera frecuente y duradera se producen diversos trastornos en el organismo que pueden afectar el desempeño y repercutir en la productividad laboralmente (Moreno, 2012).

El estrés se atribuye a los sistemas del medio ambiente del trabajo donde se desenvuelven las personas relacionándolos con el factor humano. Cada ocupación tiene sus tareas y por lo tanto sus propias fuentes de estrés que podrían ser: condiciones de trabajo pobres, ruido, calor, mala iluminación, humedad, largos periodos de trabajo, sobrecarga de trabajo, un trabajo muy difícil de desempeñar y operaciones repetitivas entre otras (Hancock, 2000).

Desde Aristóteles, Hipócrates y otros filósofos ya se conocía el estrés y sus efectos, pero una de las mejores psicólogas del mundo Claudia Bernard fue la primera en explicar formalmente como las células y tejidos en organismos multicelulares pueden ser protectores del estrés. Bernard trabajó en París en el año 1859 señaló que el medio interno de la vida de los organismos no solamente es para alimentar las células, más bien, “es la fijeza el medio interno que es la condición de libre e independiente vida”, esto es, las células están rodeadas de un medio interno que regula los cambios como ácidos, gaseosos y otros bioquímicos, para que de este modo provean un estado estable al organismo (Melbourne 2009).

Existen diferentes maneras de medir el estrés en los humanos debido a que existen dos hormonas del estrés que son el cortisol y la catecolamina y estas se encuentran en la sangre, por eso es una manera de medir el estrés. El cortisol también se encuentra en la saliva, que es otra manera de medirlo y este método ha sido el más popular en los últimos 20 años. Otros métodos son por el tono de voz y por cuestionarios psicológicos.

Nuestro cerebro tiene un conjunto de cinco frecuencias de ondas cerebrales distintas: Beta, Alfa, Theta, Delta y Gamma, cada frecuencia representada en ciclos por segundo (Hz), tiene sus características que representan un nivel de la actividad cerebral. Las ondas Beta se asocian con un estado de alerta, conciencia normal, la lógica y el razonamiento crítico, al realizar las actividades cotidianas nuestro cuerpo está en ondas Beta. Pero los niveles más altos de Beta se traducen en estrés, ansiedad e inquietud.(Kotsos 2008).

En esta investigación se propone un nuevo modelo para medir el estrés laboral por medio de las ondas cerebrales Beta, Alfa, Theta y Delta y su relación con la productividad de la mano de obra en el comportamiento de la producción. Debido a que uno de los factores más importantes para alcanzar los objetivos en una empresa, es la productividad de la mano de obra. (Hassan 2014).

1.1 ANTECEDENTES

Una de las definiciones de estrés está dada como la interacción entre un evento y su interpretación, es necesario definir el estímulo del evento estresante. Un estresor se define como el evento de una amenaza potencial del bienestar del organismo. Se propuso que hay dos los tipos de estresores entre el medio ambiente y factores de estrés contingentes. Los factores del medio ambiente son factores que son naturales, mientras que los factores de estrés contingentes son basados en la realización de actividades o tareas (Hancock 2000).

El estrés puede afectar a todo ser humano independientemente de la edad, género o raza. Cuando el organismo tiene limitada la capacidad de afrontar el evento estresante, como consecuencia surge la fatiga y uno de sus principales medios de evaluación es con la aplicación de cuestionarios. (Cao et al. 2014).

El cerebro humano es considerado por algunos científicos una caja negra, aunque se es capaz de explicar algunos fenómenos de este, todavía la forma de trabajar de nuestro cerebro es un misterio. Se encontró que existe una fuerte correlación entre la frecuencia de parpadear y el estrés emocional. (M. Haak et al. 2014).

Se realizó un estudio en cinco bomberos militares en Brasil, en el 2014; donde se utilizaron los siguientes criterios: que fuera un bombero militar en función operacional o administrativa y no se incluyeron al estudio bomberos que fumaban, zurdos, con problemas de la vista, que tomaran medicamento con componentes glucocorticoides,

antihistamínicos o que hubieran sido sometidos a una anestesia general en los últimos 12 meses.

A los participantes para el estudio del estrés, se les estimulo presentándoles una serie de fotos de una base de datos internacional afectiva (Internacional Affective Picture System, por sus siglas en inglés, IAPS), se les exhibieron por 3.5 segundos, formadas en 10 grupos, donde cada grupo tenía 5 imágenes y estos fueron categorizados basándose en el nivel emocional: negativos, positivos y calmados.

Se utilizó el dispositivo inalámbrico, EmotivEpo para tomar las señales del EEG, utilizando los datos a los 10 segundos iniciales y 10 segundos finales de cada persona para la toma de datos de los parámetros. Los canales que se analizaron fueron los siguientes: F3, P7, O1, O2, P8 y F4. Las señales de EEG fueron procesadas después de la eliminación de ruidos.

Se obtuvo como resultado un incremento en la fatiga en las señales $\alpha = 16.13$, $\beta = 6.65$, $\theta = 19.12$, $\frac{\theta+\alpha}{\beta} = 9.52$, $\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) = 8.02$, $\left(\frac{\theta}{\beta}\right) = 10.79$, no se obtuvo fatiga en las señales $(\theta/\alpha) = 3.19$, $(\theta + \alpha)(\alpha + \beta) = 4.59$.

Se consideran incremento a valores iguales o mayores al 5%. Como conclusión se obtuvo que la variación de la banda θ se incrementó en términos de porcentaje en comparación con los demás parámetros, la banda θ esta relacionada con el sueño, el rendimiento cognitivo, la carga de memoria. El incremento de la fatiga con el estudio del

espectro de las señales de EEG permitirá ayudar a mejorar el entrenamiento y la capacitación de los bomberos. (Tello, et. al, 2014).

Otro estudio se llevó a cabo en la Universidad de Macau, Macau, por Cao T. et al. (2014); donde se hizo la evaluación de fatiga por un EEG de un estado visual estable y el uso de la interfaz de la computadora.

La fatiga que los usuarios sufren del potencial evocado del estado visual estable (en inglés, steady-state-visual evoked potential, SSVEP) basado en el uso de la interfaz cerebro-computadora (por sus siglas en inglés, brain-computer interfaces, BCIs), el interpretar la base de datos puede traer serios problemas de salud, uno de los cambios es la fatiga que los usuarios sufren cuando usan SSVEP basado en BCI, en las demostraciones de laboratorio, los experimentos son demasiado cortos, por ejemplo: pocos segundos para una prueba o pocos minutos para un experimento.

Se utilizó un EEG para medir la banda de frecuencias δ, θ, α y β y la relación entre ellos, también usaron aparte un cuestionario de prueba para corroborar el resultado de las dos pruebas. Se analizaron las medias del estado de alerta y el estado de fatiga y se hizo una prueba estadística ANOVA para ver si existe diferencia entre las medias del estado de alerta y el de fatiga de cada uno.

Se obtuvo como resultado que el incremento significativo de α y $(\theta + \alpha)/\beta$

Y el decremento de θ/α están asociados con el incremento del nivel de fatiga. El estudio mostro que se puede hacer la evaluación de fatiga por medio del EEG (Cao et al. 2014).

1.1.2 Relación entre Estrés y EEG

Se realizó una investigación con 33 personas saludables, 9 mujeres y 24 hombres entre 30 y 40 años. Se utilizó una máquina de evaluación con escala hasta 9 puntos que cuantifica emociones placenteras y no placenteras, los estímulos se presentaron por medio de imágenes, cada serie tuvo una duración de 5 min. con imágenes presentadas por 15 segundos.

Después de esto, se recolectaron las muestras de saliva para analizar los niveles de cortisol para ver la respuesta del estrés. Se tomó un EEG con diferentes situaciones para medir el nivel de estrés como: ojos abiertos, ojos cerrados, imágenes placenteras e imágenes no placenteras. Los participantes estuvieron con los ojos cerrados por 1 min. y 5 min. con los ojos abiertos. Se gravó el EGG en los sitios FC5, FC6, 01 y 02 para facilitar la detección del estrés, la referencia y los sitios fueron Cz e Iz. Se utilizó un aparato QEEG-4 LAXTHA Inc.

En el estudio se encontró que existe correlación entre el ritmo cardiaco y una alta actividad Beta en los sitios FC5 Y FC6 con los ojos cerrados. También se encontró correlación en la saliva (cortisol) y una alta actividad Beta. Los resultados con poca variación en el ritmo cardiaco tuvieron altos niveles en la actividad Beta y los participantes con altos niveles de cortisol también tuvieron altos niveles de actividad

Beta durante los ojos cerrados. Sin embargo, no hubo una correlación entre EEG y el cortisol(saliva) durante los ojos abiertos, con imágenes placenteras y no placenteras. Finalmente, se demostró que hay una relación entre EEG y el cortisol(saliva) asociado con estrés crónico. (Hee Seo, 2010).

1.2 Medición de las Emociones

Las emociones se reconocen por señales en el lenguaje y expresiones faciales, las cuales pueden variar las interpretaciones de acuerdo con el medio ambiente social y cultural. Por medio del uso de señales psicológicas como el conducto de la piel, ritmo cardiaco, resonancia magnética o electroencefalograma (EEG). Las herramientas que se utilizan para capturar las emociones son aparatos y algoritmos que son capaces de detectar, reconocer y clasificar las emociones humanas.

Recientemente, el electroencefalograma se ha convertido en una herramienta fácil de usar y a un costo accesible, su uso consiste en tres pasos:

- 1) la captura de la emoción, donde a las personas se les presentan estímulos mientras las señales del EEG son grabadas.
- 2) el procesamiento de datos, donde las señales son grabadas bajo la cancelación del ruido.
- 3) la clasificación, donde las características relevantes son extraídas de acuerdo con el método de clasificación. (Tóth, 2015).

1.2.1 Emociones Medidas con el Ritmo Cardíaco, Conductividad de la Piel y EEG.

Según un estudio realizado por ViktorTóth (2015), en el ser humano se activan una amplia variedad de simpático durante las emociones negativas, como la aceleración del ritmo cardíaco y el incremento de la actividad electrodérmica. El incremento del ritmo cardíaco (IRC), la respuesta al conducto de la piel y el nivel del conducto de la piel (conductancia) son mostrados en algunos estudios de emociones de miedo en adición con el uso de cuestionarios.

En algunos estudios el IRC, las medidas de la piel y el uso de cuestionarios son herramientas que se utilizan para validar si la persona estaba en estado de miedo. La conductividad de la piel es manejada por salidas del simpático del sistema nervioso y es usado para registrar el estado emocional de las personas, especialmente la agitación. El estudio de la piel se divide en dos partes:

- 1) El nivel de conductividad de la piel que se obtiene de medir la excitación. Éste muestra cambios muy lentos en general en la agitación y representa una vigilancia general.
- 2) La respuesta de conductividad de la piel, que refleja cambios constantes en la agitación y se utiliza básicamente para medir la respuesta al estímulo. Esta representa cambios emocionales rápidos que corresponden a los cambios rápidos en la activación del sistema nervioso central.

En estudios recientes, la conductividad de la piel fue medida en la palma de la mano izquierda. De acuerdo con Franzidis aplicó exitosamente un EEG y un estudio de conductividad de la piel para identificar las emociones humanas. En ese estudio, las señales de la

conductividad de la piel fueron filtradas en una frecuencia de 2.5 Hz. El objetivo fue desarrollar diferentes métodos capaces de medir múltiples parámetros del sistema nervioso como la conductividad de la piel, el ritmo cardíaco y el electroencefalograma. Las medidas de la conductividad de la piel fueron normalizadas eliminando los valores de descanso del estudio de los datos originales, entonces el resultado fue dividido de nuevo entre los valores obtenidos en el estado de descanso. Dos tipos de ruido en la conductividad de la piel fueron considerados:

- 1) Debido al pobre contacto entre los sensores por la ausencia de señales.
- 2) Debido a los disturbios por los movimientos de las manos.

Se encontró que el pulso del volumen de la sangre puede incrementar o disminuir cuando se encuentra la persona nerviosa, mientras la temperatura del cuerpo baja, es menos la presión que alcanza los dedos bajo la contracción del musculo. Esto es controversial de otros estudios, que se encontró que los valores del estudio de la respuesta de la piel ERP disminuyeron cuando se incrementan las emociones nerviosas. En la tabla 1, se muestran las diferentes medidas psicológicas en los estados de enojado, nervioso y contento.

Tabla1. Medidas Psicológicas en los Estados Enojado, Nervioso, Contento

Emociones	Estudio de la Piel	Pulso sanguíneo	Temperatura
Enojado	disminuye	Aumenta	aumenta
Nervioso	incrementa	Incrementa	disminuye
Contento	No cambia	Normal	no cambia

1.2.2 Frontal EEG Asimetría

La corteza anterior dorsal (por sus siglas en inglés dorsal anterior cingulatecortex, ACC) y la corteza prefrontal medio dorsal (por sus siglas en inglés, dorsal medial prefrontal cortexm, PFC), están envueltas en la generación del miedo o estrés. Un modelo reciente neurobiológico para las bases neuroanatomías de la asimetría emocional de la parte frontal del cerebro, las cuales presentan la validez empírica de la asimetría frontal Alpha. Los sentimientos emocionales se distinguen si causan aumento de la energía o un gasto físico y mental de acuerdo con el modelo. las emociones del aumento de energía (parasimpático) comprenden el disfrutar, felicidad, seguridad y enfoque, las cuales deducen que la homeostasis del cuerpo y la mente no se encuentra en peligro. En cambio, las emociones que gastan energía (simpático), como supervivencia, retiro y miedo es lo opuesto que el cuerpo necesita para mantener la energía en equilibrio. El modelo propone que las emociones parasimpático están asociadas en la parte frontal del lado izquierdo del cerebro y las

emociones simpáticas están asociadas en la parte frontal derecha del cerebro.

Las emociones en psicología generalmente se identifican en 2D espacio de valencia y excitación (por sus siglas en inglés, valence and arousal VAS). (Tóth, 2015).

La asimetría frontal indica la valencia; la cual se divide en efectos positivos o negativos y en la activación fisiológica y psicológica del cuerpo (por sus siglas en inglés arousal) mide en la escala desde lo más tranquilo hasta lo más agitado. Considerando el rol de la banda alfa, ésta indica la actividad de las regiones del cerebro. Por ejemplo; la potencia más alta de la banda alfa en el hemisferio izquierdo comparado con el derecho implica la actividad más alta del hemisferio derecho y viceversa. Por lo tanto, esta inversamente correlacionado la activación de cualquier área del cerebro con la potencia de la banda alfa. De acuerdo al grado de activación fisiológica y psicológica del organismo (arousal en inglés), se puede predecir el desempeño de una persona, tomando en cuenta que, al tener un arousal sub-activado o sobre-activado se tiene un bajo rendimiento y al tener un arousal óptimo, es cuando se tiene un desempeño óptimo.

En la figura 1, Se muestra como las emociones afectan nuestro comportamiento y como demasiada emoción disminuye nuestro desempeño. La tasa de la potencia de la banda alfa esta inversamente correlacionada con la activación de cualquier área del cerebro. La mayor actividad alfa del hemisferio izquierdo infiere en la actividad del hemisferio derecho. (Tóth, 2015).

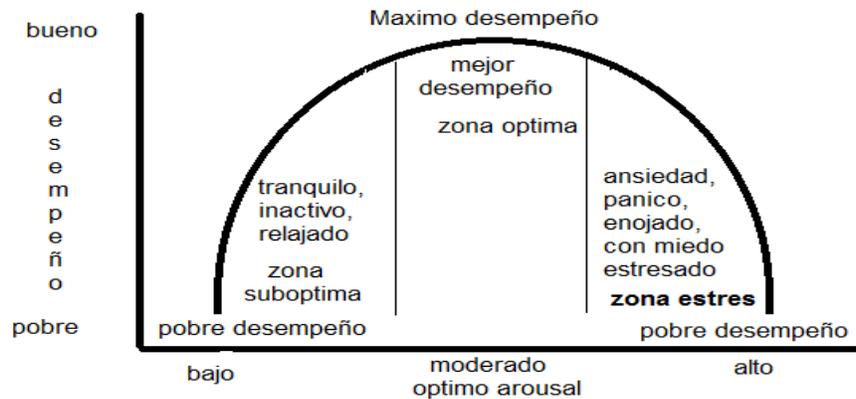


Figura 1. Las Emociones y el Desempeño

Según James (2001), se realizó un EEG sobre la corteza frontal y se encontró que los efectos positivos como el disfrutar está asociado con la mayor activación frontal del hemisferio izquierdo y los efectos negativos como el disgusto y la tristeza están relacionados con la mayor activación frontal derecha. El modelo de valencia de la asimetría cortical anterior ha dado lugar cada vez más al modelo motivacional de aproximación-de rechazo. Donde las emociones que son de acercamiento o aproximación son: el disfrutar, la felicidad, tranquilidad, están asociados con la mayor activación frontal izquierda, mientras que las emociones de rechazo, de retiro o huida, están asociadas con la mayor actividad frontal derecha. (Coan, et. al, 2001)

Según Víctor (2015), para calcular la asimetría frontal en el EEG (FEA) tenemos:

$$FEA = \frac{L-R}{L+R}$$

Donde L y R son la potencia alfa del hemisferio izquierdo y derecho, respectivamente. De acuerdo con la relación F3/F4 y Fpz la potencia de la banda alfa y beta contribuye al mejor reconocimiento de la valencia emocional y sus características. El desempeño más alto de arousal se obtuvo de F3/F4 y la potencia beta Fpz. Para especificar las emociones de la valencia tenemos la siguiente fórmula:

$$\text{Valencia} = \frac{\alpha(F4)}{\beta(F4)} - \frac{\alpha(F3)}{\beta(F3)}$$

Donde $\alpha(F3)$ y $\beta(F4)$ corresponden a la potencia obtenida de la banda alfa y beta de los sensores F3 y F4 del EEG respectivamente. Se muestran las características del arousal y dominio como:

$$\text{Arousal} = \frac{\alpha(AF3+AF4+F3+F4)}{\beta(AF3+AF4+F3+F4)}$$

$$\text{Dominio} = \frac{\beta(FC6)}{\alpha(FC6)} + \frac{\beta(F8)}{\alpha(F8)} + \frac{\beta(P8)}{\alpha(P8)}$$

La actividad más significativa en el hemisferio izquierdo es el proceso de calma, este se puede detectar en el incremento de la potencia alfa en el hemisferio derecho. El aumento relativo de la potencia alfa en el hemisferio derecho e infiere en valores de asimetría más baja.

1.2.3 Método para Detectar Emociones por Medio de un EEG

Se han realizado estudios para detectar emociones usando el EEG, pero debido a que son confusos los límites de las emociones,

aún continúan un gran número de preguntas para investigarse. La mayoría de los estudios en emociones utilizando datos de un EEG, estas características son en redes neuronales, con máquinas vectoriales de apoyo. Otros estudios confían más en investigaciones de neurociencia y haciendo observaciones neuroanatómicas; por ejemplo: utilizando una asimetría alfa frontal u ondas lentas, relaciones de onda rápida.

Las señales del EEG filtradas en banda gamma (25-100 Hz) es adecuado para clasificar las emociones en tristeza y felicidad. Para determinar la banda de frecuencia optima, se presentó un método de banda de frecuencia. Los cuales fueron 43.5-68.5 Hz para 3 segundos de ensayo, un más alto 63.5-94.5 Hz para 1 segundo de ensayo. Fueron utilizadas como estímulos imágenes faciales, las emociones duraron un periodo de corto tiempo, entonces se podría no tener la suficiente información para la clasificación de la banda más baja. En los resultados se encontró que la banda más alta para asegurar la más alta precisión cuando las longitudes de los intentos fueron más cortas. En el estudio que se realizó, la provocación del miedo duro 10s de segundos o minutos de acuerdo con la respuesta del estudio de la piel para evitar el sesgo mencionado y utilizar correctamente la información de la banda alfa.

Según Tóth 2015, las diferencias observables fueron mostradas entre lo neutral y momentos de miedo del juego. Se examinaron ondas lentas, relación de ondas rápidas durante el momento estresante y el estudio demostró que el radio theta/beta fue proporcional al nivel de estrés de las personas como al efecto de la persona.

El experimento que se realizó fue a través de un juego para inducir el miedo “Slender, las 8 páginas”, slender es un juego donde la persona está en bosque muy oscuro. Las medidas que tomaron en cuenta para escoger a los participantes fue la edad, genero, largo del cabello, nivel de educación, si habían tenido una lesión en la cabeza, situación neurológica o enfermedad crónica, si están baja tratamiento neurológico o psiquiátrico.

El experimento básicamente se llevó a cabo en seis partes:

- a) Primero, autoevaluación de la base.
- b) Medición con los ojos abiertos y cerrados.
- c) Realizar el juego
- d) Segunda autoevaluación
- e) Inducir el miedo en el juego
- f) La última autoevaluación.

Para realizar el estudio, se utilizó el equipo EmotivEpoC y el software Emotiv TestBench, los datos fueron procesados utilizando el Matlab EEGLAB. Para procesar los datos principalmente se eliminan los artefactos y se preparan los algoritmos. El experimento mostro los artefactos como, el parpadeo de los ojos, movimientos del cuerpo y el músculo pueden ser encontrados en el dominio de la frecuencia arriba de 60 Hz y debajo de 0.5 Hz. La baja y alta frecuencia fue eliminada con la minimización de pérdida de datos con el propósito de medir la potencia del rango de la banda alfa de 8-13 Hz. El Emotiv EPOC registra la potencia de contacto de cada sensor, si el promedio fue menor que el límite, entonces se marca como malo, se utilizó una interpolación esférica. Los artefactos se rechazaron usando la reconstrucción del subespacio del artefacto, para el cual descansar

limpio el EEG por 1 minuto es un prerrequisito. Las mediciones basales con los ojos abiertos y cerrados fueron hechas. El análisis del componente independiente fue hecho, en las señales del EEG en orden para ser capaz de eliminar los malos componentes por la aplicación del algoritmo de rechazo del artefacto múltiple. Los datos del EEG fueron segmentados por 1 segundo antes que la asimetría alfa fuera analizada. (Tóth,2015).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Definición del Problema

En la actualidad, el estrés es un tópico muy popular de nuestros días, es un tema muy común sobre cómo afecta el estrés a la salud de las personas debido a la interacción con el medio ambiente en donde se desempeñan laboralmente o realizan sus actividades cotidianas. Existen distintos factores que pueden ocasionar estrés laboral como: condiciones de trabajo pobres, ruido, calor, mala iluminación, humedad, largos periodos de trabajo, sobrecarga de trabajo, un trabajo muy difícil de desempeñar, operaciones repetitivas y tomar decisiones entre otras, las consecuencias que se pueden provocar con personas estresadas se pueden reflejar en un desempeño laboral bajo, en ausentismo, incapacidades por enfermedades derivadas del estrés, baja productividad y en problemas con sus relaciones interpersonales.(Hancock, 2000).

Debido a que la mano de obra es considerada como uno de los recursos más importantes dentro de las organizaciones e indispensable poder alcanzar los objetivos dentro de las organizaciones, se necesita poner más atención en las necesidades del personal para que tengan un buen desempeño laboral en su jornada de trabajo.

Para alcanzar un desarrollo económico, científico e industrial en cualquier país, se necesita una mano de obra altamente productiva, ésta debe ser considerada con una atención especial por los administradores. Existen factores que influyen en la productividad del personal. Uno de los factores que afectan la productividad de la mano de obra es el estrés en las organizaciones. (Hassan, 2014).

2.2 Preguntas de Investigación

Las preguntas de Investigación son las siguientes:

1. ¿Cuál tiempo estándar; 70, 80 o 100% tiene mayor efecto en las ondas cerebrales en el ensamble de un producto con legos?
2. ¿Qué efecto tiene el ensamble de tareas repetitivas en las ondas cerebrales Beta, Alfa, Theta y Delta?

2.3 Hipótesis

Las hipótesis que se desean comprobar en esta investigación se describen de la siguiente forma:

1. Mediante el análisis de las ondas cerebrales Beta, Alfa, Theta y Delta se determinará si existe una diferencia al trabajar un 70, 80 y 100% del tiempo estándar.

2. Mediante el comportamiento de las ondas cerebrales Beta, Alfa, Theta y Delta se determinará el efecto al ensamblar un producto manual con tareas repetitivas.

2.4 Objetivos

El objetivo general que en esta investigación es determinar mediante un análisis neuroergonómico el comportamiento de las ondas cerebrales Beta, Alfa Theta y Delta en un ensamble manual con movimientos repetitivos en un producto con legos.

Objetivos específicos:

- 1.- Determinar el efecto del tiempo estándar en un ensamble de un producto con legos en las ondas cerebrales.
- 2.- Determinar el efecto del ensamble con movimientos repetitivos en las ondas cerebrales.

2.5 Justificación de la Investigación

Actualmente mucha gente sufre de estrés en su vida diaria, esto ocasiona un impacto negativo en las personas generando muchos problemas de salud en el ámbito laboral como gastritis, úlceras, hipertensión arterial, problemas de sueño, agotamiento, alteraciones del apetito entre otras, como también problemas de baja productividad, ausentismo, mala calidad, accidentes de trabajo, entre otros. Debido a esto existe la necesidad ergonómica de hacer una relación entre el

trabajador y el medio ambiente en donde se desempeña laboralmente. (Hancock, 2000).

En base a la Organización Mundial de la Salud (OMS), de los 75 mil infartos registrados al año en México el 25% son causados por estrés laboral. Este padecimiento afecta al 75% de los trabajadores mexicanos, lo que posiciona al país en el primer lugar a nivel mundial debido al estrés, en seguida se encuentra China con un 73% y Estados Unidos con el 59%. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la OMS, las causas que ocasionan el estrés laboral son: los horarios estrictos e inflexibles, el exceso o poco trabajo, las malas relaciones en el trabajo, la inseguridad del trabajo y la falta de apoyo de la familia.

El estrés laboral también afecta la economía, no solamente es un problema de salud, según la OIT, el estrés puede ocasionar pérdidas 0.5 y 3.5 % del Producto Interno Bruto (PIB) de los países. En México produce pérdidas entre cinco mil y 40 mil millones de dólares al año. (www.Informador.mx, 2015)

En México es un grave problema el estrés laboral a nivel económico y social, debido a que afecta la salud del trabajador y también disminuye la productividad en las empresas, volviéndose menos rentables y competitivas. (www.estreslaboral.info, 2016).

En esta investigación se propone un nuevo modelo de medición del estrés en las personas que desarrollan una tarea repetitiva por medio de las ondas cerebrales Beta, Alfa, Theta y Delta.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Estrés

El concepto de estrés ha sido usado como una explicación de las alteraciones psicológicas de las personas. Los efectos psicológicos dependen de la estimulación de cada individuo, los niveles de estrés dependen de los mecanismos de respuesta de cada organismo. Lazarus en 1966, sugirió que el estrés sea un concepto para entender el amplio rango de los fenómenos de gran importancia en los humanos. Entonces, el estrés es una rúbrica de muchas variables y procesos.

La definición más común de estrés ha sido dada como un estímulo. Es más común pensar que se estimula el estrés cuando ocurren eventos que afectan a la persona. Pueden ser estresores del medio ambiente, como un desastre natural (huracán, terremoto) o una guerra hecha por los hombres. Nuestra vida diaria esta puede tener menos estresores que algún desastre natural, pero puede haber pequeñas cosas que ocasionen molestias diarias y causan angustia, agotamiento o estrés, hay una gran variedad de estresores, lo que para algunos es estresante para otros no lo es.

El estrés se define como “una relación psicológica particular entre la persona y el medio ambiente que es evaluado por la persona

como algo difícil o que excede sus recursos y pone en peligro su bienestar”. (Lazarus and Folkman 1984).

Muchos investigadores han estudiado el fenómeno del estrés a través de los años, pero una de la más acertada definición es la propuesta por Lazarus and Folkman (1984) “Una particular relación entre las personas y el medio ambiente que es apreciado por las personas como agitador o excediendo sus fuerzas y comprometiendo su bienestar” (Hancock 2000).

3.2 Cómo se Presenta el Estrés

Cuando una situación el ser humano la está sintiendo estresante, esto provoca la activación del eje hipotalámico pituitario suprarrenal (por sus siglas en inglés, hypothalimic-pituitary-adrenal HPA) mediante las neuronas en el hipotálamo, una estructura del cerebro denominada la glándula maestra lanza una hormona liberadora de corticotropina (por sus siglas en inglés, corticotropin-releasing hormone CRH). La liberación de la CRH provoca una secreción y liberación de otra hormona llamada adrenocorticotropina (por sus siglas en inglés, adrenocorticotropin ACTH) de la glándula pituitaria, cuando por la glándula pituitaria se secreta la ACTH, esta se encuentra en la sangre y alcanza la glándula suprarrenal, la cual está localizada sobre los riñones y provoca la secreción de las hormonas del estrés.

Existen dos hormonas principales del estrés, la catecolamina (epinefrina y norepinefrina) y la glucocorticoides (llamada corticosterona en animales y cortisol en seres humanos).Una persona en condiciones normales (no está estresada), la secreción de cortisol

es elevada en la mañana y se refleja con un ritmo cardiaco elevado, progresivamente va bajando el ritmo cardiaco durante el día y en la tarde (aproximadamente las 7:00 p.m.) empieza a elevarse y muestra su elevación después de las primeras horas de dormir.

Estas reacciones a corto plazo no causan daño, pero si la situación persiste, la fatiga que se convierte en nociva para la salud, se estimula un exceso de ácido estomacal, lo cual puede ocasionar una ulcera, aumenta la presión cardiaca ocasionando una angina o un paro cardiaco, también puede ocasionar perdida o aumento del apetito, problemas de sueño, disminución de la función renal y agotamiento. (Seguin, 2007)

3.3 Signos y Síntomas del Estrés

El estrés afecta órganos y funciones de todo el organismo, los síntomas más comunes para detectar el estrés son:

- Depresión o ansiedad
- Dolores de cabeza
- Insomnio
- Indigestión
- Sarpullidos
- Disfunción Sexual
- Palpitaciones rápidas
- Nerviosismo
- Sube o baja de peso
- Estreñimiento
- Tensión en el cuello

- Malestar estomacal

3.4 Tipos de Estrés

Existen tres diferentes tipos de estrés:

a) Estrés agudo

El estrés agudo es la forma de estrés más común, es estimulante a pequeñas dosis, pero demasiado es agotador. Un alto nivel de estrés agudo produce molestias patológicas, ira o irritabilidad, ansiedad y depresión, dolor de cabeza, de espalda, dolor en la mandíbula, molestias en el estómago o intestino, taquicardia, sudoración de las manos y pies, mareo y migrañas. Este estrés se trata fácilmente y desaparecen los síntomas.

b) Estrés Agudo Episódico

Cuando se está en un estrés agudo con frecuencia, que están en estrés agudo de forma descontrolada, muy emocional e irritables, siempre tiene prisa y tienden a ser bruscos.

c) Estrés Crónico

Cuando las personas persisten en el estrés con los agentes estresantes por varios meses o inclusive años, se producen enfermedades de mayor importancia y gravedad como: gastritis, ansiedad, frustración, insomnio, colitis nerviosa, migraña, depresión, agresividad, disfunción familiar, neurosis, trastornos sexuales, disfunción laboral, hipertensión arterial, infarto al miocardio, adicciones,

trombosis cerebral, conductas antisociales y psicosis severas. (Seguin 2007).

3.5 Trabajo y Estrés

3.5.1 Concepto de Trabajo

El trabajo tiene dos características fundamentales como son la tecnificación y la organización. Con la Revolución Industrial aumentó la capacidad de producción, esto llevó a que los trabajadores se adecuaron a la demanda de la máquina para aumentar la productividad. Las exigencias físicas en algunas tareas disminuyeron, pero han aumentado los esfuerzos mentales en el área laboral. El ser humano para poder desarrollarse necesita relacionarse con otras personas, debido a que es un ser social, lo cual implica que el trabajo debe ser un hecho social.

Lo ideal sería obtener un trabajo con un grado de tecnificación que nos proteja de los riesgos contra la salud mental y física, así como, la organización del trabajo de acuerdo con las necesidades personales y sociales de las personas.

3.5.2 Concepto de Salud

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) es el bienestar físico, mental y social completo o también como “ausencia de enfermedad”.

3.5.3 Relación entre Salud y Trabajo

Para el ser humano el trabajo es de acuerdo con la vocación, a la necesidad económica, es un derecho para tener una vida digna y satisfacer sus necesidades. Por esto, el trabajo y la salud se relacionan, debido a que en el trabajo es el medio en el que el ser humano desarrolle todas capacidades físicas e intelectuales, pero al mismo tiempo es el medio que pone en riesgo la salud basados en las condiciones en que se realiza el trabajo. El trabajo se condiciona de acuerdo con su naturaleza, su entorno y las condiciones de trabajo (características de la tarea o ambientales). Algunas profesiones están más predispuestas a sufrir estrés que otras, varía de acuerdo con sus condiciones.

3.5.4 El factor Humano como Elemento Clave en la Productividad

Para que una organización aumente su productividad y obtenga buenos niveles de calidad, es indispensable que administre no solamente a las personas, sino también sus mentes. Se tiene que guiar al personal de acuerdo con las normas establecidas por la compañía como son la seguridad y la salud laboral, motivándolos y capacitándolos para el buen desarrollo de la tarea. Si las necesidades intrínsecas y las motivacionales no se encuentran satisfechas en el personal, es muy difícil aumentar la productividad.

Necesidades intrínsecas se cumplen con una buena capacitación, buen acercamiento con sus colaboradores de trabajo y tener oportunidades de promoción. Las necesidades motivacionales insatisfechas, como el salario.

3.6 Estrés en el Trabajo

El estrés positivo ayuda a un mejor desempeño de la tarea por parte de la persona, aumentando la memoria, la atención y la capacidad de rendimiento, a esto se le denomina eutres.

Cuando el proceso de activación es muy largo, comienza a aparecer el cansancio y la disminución del rendimiento, cuando la activación supera la capacidad del ser humano, es cuando se convierte en contra de la salud de la persona y baja su rendimiento en la actividad que realiza. A cierto nivel el estrés puede ocasionar ansiedad, depresión, indigestión, trastornos musculares y palpitaciones. Entre los riesgos psicosociales, se encuentra el estrés laboral, el burnout, el acoso sexual y la violencia física (Fernández, 2010).

3.7 Estrés Laboral

El concepto de estrés laboral se conoce como “el conjunto de fenómenos que se suceden en el organismo del trabajador con la participación de los agentes estresantes lesivos derivados directamente del trabajo o que, con motivo de este, pueden afectar la salud del trabajador.”

El estrés laboral genera costos laborales altos ocasionado por las bajas de los trabajadores, por ausentismo, bajo nivel productivo por baja motivación y también puede ser motivo de causas de accidentes y baja calidad en el producto. Se mencionan algunos factores psicosociales que pueden ocasionar estrés laboral:

- a) **Desempeño Profesional:** trabajo de alto grado de dificultad, actividades de gran responsabilidad, creatividad e iniciativa restringidas amenaza de demandas laborales.

- b) **Dirección:** Liderazgo inadecuado, mala delegación de responsabilidades, motivación deficiente, ausencia de incentivos, remuneración no equitativa.

- c) **Organización y Función:** Prácticas administrativas inapropiadas, conflicto de autoridad, trabajo burocrático, planeación deficiente.

- d) **Tareas y Actividades:** carga de trabajo excesiva, autonomía laboral deficiente, ritmo de trabajo apresurado, exigencias excesivas de desempeño, actividades laborales múltiples, rutinas de trabajo obsesivo, trabajo rutinario.

- e) **Medio Ambiente de Trabajo:** condiciones físicas laborales inadecuadas, espacio físico restringido, exposición a riesgo constante, ambiente laboral conflictivo.

- f) **Jornada Laboral:** rotación de turnos, jornadas de trabajo excesivas.

- g) **Empresa y Entorno Social:** políticas inestables de la empresa, salario insuficiente, carencia de seguridad en el empleo. (Fernandez, 2010).

3.7.1 Estresores Laborales

El estresor, es la respuesta a un agente externo o interno perturbador, el estímulo que induce la respuesta del estrés. Todos los estresores son parte del medio ambiente. Algunos aspectos del ambiente son psicológicos, algunos sociológicos y otros físicos. Los factores del estrés que se pueden presentar en alguna situación de trabajo se clasifican en los siguientes grupos:

a) Estresores del Ambiente Físico.

En el ambiente de trabajo se consideran como estresores, la iluminación, la temperatura, el ruido y los ambientes contaminados (la toxicidad) y el espacio físico de trabajo, debido a que se tiene efectos sobre la salud.

b) La Iluminación.

Una iluminación adecuada es muy importante, debido a que influye en el rendimiento, la salud y el bienestar psicológico. Cuando no se perciben de forma correcta los estímulos visuales debido a que se tiene una iluminación inadecuada, se hace la tarea más difícil o imposible de realizarla y esto aumenta el nivel de frustración y tensión,

así como el tiempo de realizar la tarea. También trae consecuencias negativas para la visión del trabajador.

b) El ruido

El exceso de ruido y/o intermitente afecta nuestra concentración y es fuente de frustración, provocando fatiga e irritabilidad. Puede inducir negativamente sobre la productividad y la satisfacción, también puede ser causa de accidentes y cometer errores ya que interfiere en la actividad mental. Una exposición prolongada al ruido produce fatiga y por consiguiente una disminución en el rendimiento.

d) La temperatura.

Debido a que afecta el bienestar de los trabajadores, es otro factor importante de estrés. Cuando se tienen bajas temperaturas se disminuye la capacidad manual, lo que puede contribuir a una mala calidad y/o causa de accidente. Así como el exceso de calor contribuye a la somnolencia, esto puede afectar a los trabajos que requieren discriminaciones finas y en la toma de decisiones.

e) Ambientes Contaminados

El conocer los riesgos y efectos sobre la salud, puede producir ansiedad en las personas, afectando su rendimiento y bienestar psicológico. Los ambientes contaminantes en el trabajo también favorecen para tomar estrategias sobre los mismos y evitar los riesgos.

f) Estresores Relacionados con la Tarea:

Se produce estrés laboral cuando se tiene un desacuerdo entre la percepción de los trabajadores acerca de los requerimientos que recaen sobre ellos y su capacidad para afrontarlas. Las características propias de la tarea no definen la satisfacción o el estrés en el trabajo, debido a que algunas personas se sienten satisfechas cuando realizan una tarea sencilla y rutinaria, mientras que otras se sienten más cómodos al realizar tareas complejas y enriquecedoras.

g) Carga Mental de Trabajo

La sobrecarga de trabajo se produce cuando estamos sujetos a más demanda de la que podemos realizar. Una sobrecarga cuantitativa, se presenta cuando se quieren realizar muchas actividades en un tiempo limitado, esto debido al aumento de trabajo o a un ritmo de trabajo elevado, ocasionando la fatiga mental. Esto puede repercutir en el trabajador induciéndolo al hábito de fumar, al aumento de ansiedad y una disminución en la satisfacción laboral.

Una sobrecarga cualitativa, no se basa en el exceso de trabajo, sino en la dificultad de realizar la tarea. Se refiere a las demandas intelectuales y a los conocimientos y habilidades del trabajador. Cuando la persona no cuenta con suficiente habilidad para ejecutar una tarea, el estrés aparece. Para poder cumplir con la sobrecarga de trabajo, se trabaja más tiempo que el establecido en su jornada laboral, ocasionando fatiga en el trabajador, también puede afectar sus relaciones sociales y familiares. La tensión laboral y la insatisfacción se relaciona con la baja autoestima, ritmo cardíaco elevado, tabaquismo y altos niveles de colesterol.

Una carga de trabajo demasiado pequeña o tareas sencillas, pueden ocasionar tanto estrés como una sobrecarga de trabajo, el trabajo monótono y el aburrimiento afecta la salud al igual la salud que cuando hay demasiado trabajo. El problema estriba en encontrar en qué nivel se da el mejor rendimiento y no afectar la salud.

h) Control Sobre la Tarea

Existe una relación positiva entre el grado de control que la persona tiene sobre su trabajo y la satisfacción laboral. Cuando se tiene autonomía, iniciativa y responsabilidad sobre el trabajo existe mayor probabilidad de que se tenga control sobre la tarea. La falta de control ocasiona consecuencias psíquicas y físicas a causa del estrés.

i) Conflicto y Ambigüedad de Rol

Los conflictos de rol son cuando se combina lo que espera el trabajador y la situación real de lo que se le pide en la organización. Tales como: objetivos, ocurre cuando el trabajador recibe dos o más órdenes contradictorias ocasionando una situación conflictiva, obteniendo una baja en cumplir los objetivos de la organización y una baja en la satisfacción del trabajador.

La ambigüedad de rol es cuando no se tiene una clara idea del trabajo que está desempeñando, los objetivos y cuál es el alcance de sus responsabilidades. La falta de comunicación e información sobre la tarea puede ocasionar efectos en la salud mental y física como: depresión, baja autoestima e insatisfacción en el trabajo.

j) La Jornada de Trabajo

El exceso de tiempo dedicado a la jornada de trabajo se relaciona con la reducción del tiempo disponible para el descanso, el cual tiene como objetivo abastecerse de la energía que necesita para trabajar.

k) Las Relaciones Interpersonales

Las malas relaciones con los compañeros y equipo de trabajo, el aislamiento del puesto y la pérdida de contactos sociales pueden crear altos niveles de tensión y estrés entre el personal de trabajo.

l) Promoción/Desarrollo de la Carrera Profesional

Cuando no se logran alcanzar las metas sobre la carrera profesional o puesto de trabajo, se presenta un desequilibrio entre las aspiraciones y los objetivos logrados, esto repercute en preocupación, ansiedad y frustración. (del Hoyo Delgado, 2004).

3.8 Tareas Repetitivas

Aunquese ha venido incrementando la automatización de los procesos en la Industria Manufacturera, aún existen muchos procesos

que requieren que los trabajadores realicen tareas manualmente y algunas de éstas se hacen repetitivamente durante todo el turno de trabajo y pueden causar a los trabajadores trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores como el antebrazo y la muñeca. (Spallek M. et. al, 2010).

3.8.1 Carga de Trabajo Cognitiva y EEG

Algunas investigaciones realizadas con EEG y Emotiv Epoc; Un estudio realizado en Alemania en el 2018 utilizó el Emotiv Epoc para evaluar la carga de trabajo cognitiva en una muestra de 12 personas en dos métodos de trabajo diferentes; uno mostrando las instrucciones en papel y el otro proyectando las instrucciones en el tablero de trabajo. Se analizó la potencia de la banda frecuencia alfa para hacer inferencia en la carga de trabajo cognitiva en el proceso de memoria en el trabajo. En investigaciones previas con más memoria de trabajo se tiene una disminución en las frecuencias de la banda alfa. Se encontró que con el sistema de proyección de las instrucciones de trabajo se reduce significativamente la carga de trabajo de la memoria. (Kosch T. et. al, 2018).

Se ha prestado poca atención a la investigación sobre los procesos cerebrales al realizar operaciones de ensamble manual en la industria, En Serbia en el 2015 se realizó un estudio con EEG con el equipo inalámbrico SMARTING (mBrainTrain, Serbia), en donde el principal interés es medir la amplitud de los componentes P300 del potencial relacionado con el evento (por sus siglas en inglés, event-related potential ERP), ya que está relacionado positivamente con la atención humana. Se utilizaron 17 participantes en donde se simuló la operación de ensamble de la industria a un laboratorio, la operación

consistió en un montaje manual de las mangueras de goma que se utilizan en los sistemas de frenos hidráulicos del vehículo. Se investigó si se puede mejorar la atención de los trabajadores si se les indica con que mano iniciar el proceso y no con la mano que ellos decidan. El experimento consistió en realizar dos tareas: la primera; se utilizaron dígitos para iniciar la operación y los participantes podrían decidir con que mano empezar la tarea. La segunda; se utilizaron flechas para indicar la dirección de la mano con que iniciarían la operación. Se obtuvo como resultado en el estudio que los participantes al tener una instrucción dirigida la amplitud P300 fue significativamente mayor, por lo que se sugiere que los niveles de atención aumentan al tener una instrucción para realizar la operación. (Mijovic P., et. al, 2016).

3.9 Productividad

El mejorar la productividad es uno de los principales enfoques económicos, sociales y culturales en el desarrollo de varios países. Esto es importante dentro de la competencia de las empresas para tener una importante posición en el mercado. El recurso humano en las actividades de la organización es uno de los campos principales que pueden ser mejorados. La mano de obra se considera como el capital más importante dentro de una organización, en el siglo XIX el ser humano no era considerado como el factor más importante por los administradores.

La productividad del personal, en la mayoría de las industrias, es considerada como el centro del factor de éxito y siempre ha tenido una atención especial por los administradores. A través de una evaluación del personal se pueden detectar los factores que afectan la

productividad en su lugar de trabajo y si se identifican estos factores se pueden trabajar en ellos y mejorarlos. Uno de los principales factores que afectan la productividad de la mano de obra es el estrés en las organizaciones. (Hassan, 2014).

3.10 Formas para Medir el Estrés

3.10.1 Cuestionarios Psicológicos

En el campo de la psicología los conceptos medidos son abstractos como; lenguaje, cognición, personalidad y emociones, por mencionar algunos. Los conceptos para medir el estrés fueron dictaminados por un grupo de conceptos psicológicos, una vez desarrollados el estrés es medido por el uso de cuestionarios. Los psicólogos han desarrollado cuestionarios que cubren un amplio rango de síntomas psicológicos para medir el estrés.

3.10.2 Medidas Fisiológicas del Estrés

Cuando en los seres humanos se presenta una situación de estrés se activa el eje hipotalámico pituitario suprarrenal (por sus siglas en inglés, hypothalimic-pituitary-adrenal HPA) y con la secreción última del cortisol y catecolamina que son fáciles de medir. El cortisol y la catecolamina se pueden medir en la sangre, pero el cortisol también se puede medir en la saliva, siendo más fácil hacer las investigaciones en la saliva debido a que no requiere personal calificado para la recolección de muestras de sangre y no es tan complicado tomar las muestras. El ACTH se puede medir únicamente en la sangre.

En los últimos 20 años, los estudios del cortisol en la saliva ha sido el método más popular utilizado para los estudios de estrés. La catecolamina no puede ser medida en la saliva.

3.10.3 Medidas Autonómicas

a) Presión Sanguínea

La presión sanguínea es una medida de la fuerza que ejerce la sangre sobre las paredes de los vasos sanguíneos. La presión sanguínea puede ser medida por medio de un monitor.

b) Tono de la voz

El tono de voz representa un impulso parasimpático que aplica un freno para disminuir el ritmo cardiaco durante el reposo y condiciones reactivas. Para medir el tono de voz requiere de un aparato electrónico avanzado e instalación de cables. (Seguin 2007).

c) Alfa-Amilasa Saliva

La enzima alfa-amilasa ha sido propuesta como un medidor del estrés, debido a la actividad del sistema nervioso simpático. En crecientes investigaciones de la amilasa, han subrayado el uso de la alfa-amilasa en la saliva. La alfa-amilasa es uno de los componentes principales de la saliva, su principal función es la digestión enzimática de carbohidratos, pero también es importante para la inmunidad mucosal en la cavidad oral, como inhibidor de bacterias.

Entre otras proteínas, la alfa-amilasa es secretada por las células acinares, los cuales forman más del 80% de las células en las principales glándulas salivales. En 1979 se reportó que un intenso ejercicio físico incremento los niveles salivales de alfa-amilasa. En el 2005 buscando estimuladores psicosociales estresantes se incrementaron los niveles de amilasa en estudios empleando pruebas sociales de estrés. (Rohleder et. al 2006).

d) Cortisol en la Saliva como Marcador del Estrés

Las medidas de cortisol en la saliva reflejan la fracción de cortisol que está libre de transportar proteínas, la porción que cruza la barrera-sangre-cerebro se cree que es la base de las altas alteraciones de las funciones cognitivas y del comportamiento. (Seguin 2007).

3.11 Regiones del Cerebro y sus Funciones

El principal órgano del sistema nervioso central es el cerebro, pesa el 2% del total de nuestro peso corporal, aprox. 1.4 kg., de los cuales un 78% es agua, 10% grasa y un 8% proteína. Tiene aprox. 86 billones de neuronas y necesita el 20% del oxígeno del cuerpo.

El encéfalo se divide en el tronco encefálico, sistema límbico, cerebro y cerebelo. Se muestra figura 2 y 3.

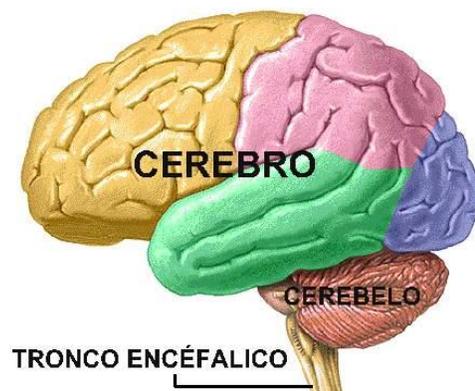


Figura 2. Partes del Encéfalo.

<https://kateoviedo.files.wordpress.com/2010/04/encefalo.jpg>

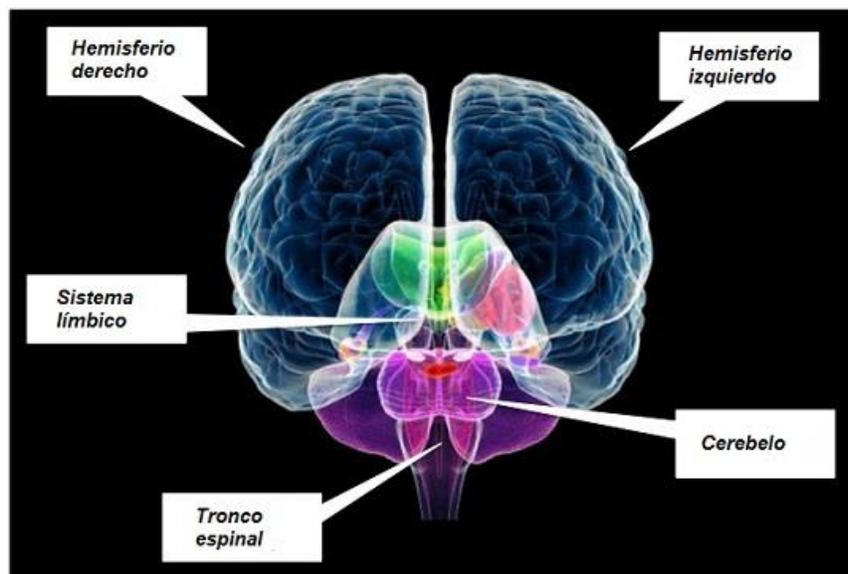


Figura 3. Partes del Encéfalo

<https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2016/11/slimbico2.jpg>

- **Tallo Cerebral.**

La parte más antigua evolutivamente del encéfalo es el tallo cerebral, controla el ritmo cardiaco, la respiración, la función de la vejiga y mantiene el equilibrio. Fundamentalmente controla todo lo que trabaja automáticamente sin tener que pensar en la actividad.

- **Sistema Límbico.**

El sistema límbico a menudo se conoce como el cerebro emocional. Se encuentra hundido dentro del cerebro, está formado por el tálamo, hipotálamo y la amígdala.

El sistema límbico es el responsable de las emociones y del comportamiento social de los seres humanos.

- **El Cerebelo**

El cerebelo comprende alrededor del 80% de las neuronas del cerebro, regula y controla los movimientos finos, la postura y el equilibrio. Recibe información del sistema sensorial, medula espinal y otras partes del cerebro e integra esta información para afinar la actividad motora.

- **El Cerebro**

El cerebro se asocia con las más altas funciones cerebrales como es el pensamiento consciente, control y selección de la acción. El cerebro está formado por dos hemisferios, el derecho e izquierdo y no están

directamente conectados. A través de largas conexiones del tálamo y otras estructuras del cerebro se comunican indirectamente. La corteza cerebral está formada por surcos que si se pudieran extender se obtendría una superficie cerebral aproximadamente de 2500 cm², equivalente a una funda de almohada de 50 x 50 cm.

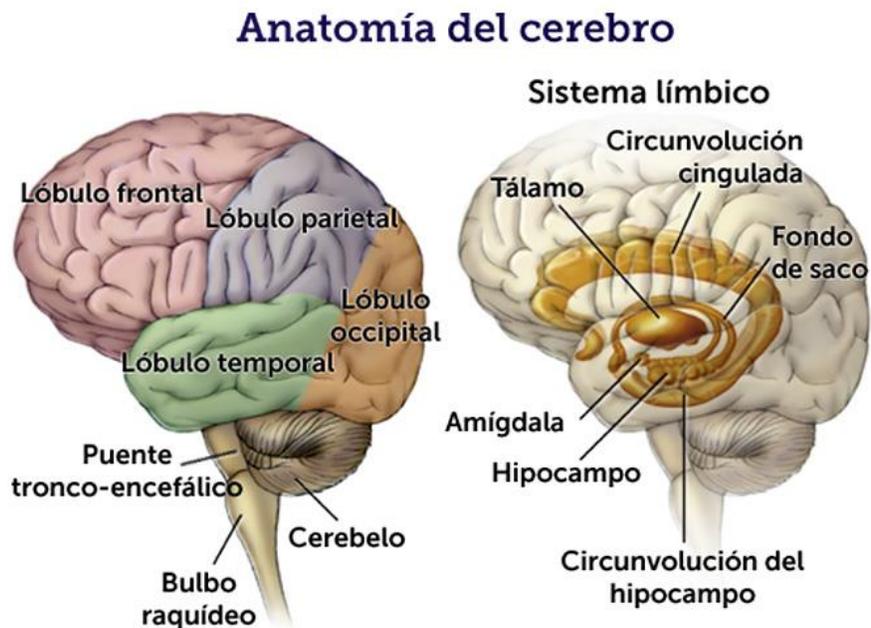


Figura . Anatomía Cerebral y el Sistema Límbico

<https://www.brightfocus.org/espanol/la-enfermedad-de-alzheimer-y-la-demencia/anatomia-cerebral-y-sistema-limbico>

3.12 Electroencefalografía

La electroencefalografía, estudia cómo obtener e interpretar los datos de los electroencefalogramas (Ortega, 2015). Es cuando se colocan los electrodos en el cerebro para realizar la medición de la corriente eléctrica del cerebro. (Dubey R. 2011). El electroencefalograma mide la actividad eléctrica de la corteza del cerebro para estudiar el funcionamiento del cerebro. Registra a través de electrodos especiales las corrientes eléctricas que se forman en las neuronas cerebrales. Debido a esto se mide la actividad eléctrica cerebral (Ortega, 2015). Una señal eléctrica representa un gran número de neuronas. El EEG se fundamenta de un conjunto señales de los multicanales, la actividad en el cerebro se manifiesta en los cambios en las señales (Dubey R. 2011).

De acuerdo con el nivel de conciencia el cerebro establece ciertos ritmos que se originan en el tálamo, miembro del cerebro humano que transfiere información de los sentidos a la corteza cerebral donde se ejecuta la mayor parte del pensamiento. La corteza cerebral está formada por neuronas que se encuentran interconectadas en redes de naturaleza discreta. (Sih, 2012).

De acuerdo con la forma de la onda cerebral obtenida por medio del electroencefalograma se puede obtener el comportamiento de la onda cerebral. Por medio de los electrodos se refleja la actividad del cerebro, la cual es medida desde el exterior del cerebro fuera de la corteza cerebral, es decir, a través del cráneo. La actividad se registra por medio de las mediciones del voltaje de la corriente iónica dentro de las neuronas. En un milímetro cuadrado de la corteza cerebral pueden existir más de 100,000 neuronas, cuya actividad tal vez no sea registrada completamente por medio del electrodo. (Sih, 2012).

Cuando se presentan situaciones en la vida cotidiana en donde se presentan discrepancias entre lo que debería ser y lo que es, se produce un desequilibrio homeostático ocasionada por una señal en la homeostasis, como consecuencia se produce el estrés. Hans Selye fue el primero en introducir el termino de estrés en términos médicos.

Los cuestionarios psicológicos se utilizan frecuentemente para determinar el estrés cuando existen cambios de comportamiento. Con el avance de la tecnología y la ciencia se han generado nuevos métodos para la medición del estrés por medio de las señales neurofisiológicas que incluye señales neurológicas.

Para realizar estudios neurológicos se utilizan algunos estresores para provocar el estrés. Se tienen dos estresores los sistémicos y los procesivos. Los sistémicos se producen inmediatamente cuando existen condiciones amenazantes para la homeostasis. En estudios fisiológicos los estresores procesivos son utilizados. Estos estresores no crean una señal directamente en el sistema homeostático. Mediante las pruebas de estresores procesivos mediante un procesamiento cognitivo se evalúa a las personas psicológicamente y psicosocialmente.

Se han realizado estudios experimentales para despertar demandas cognitivas como el uso de la aritmética, la toma de decisiones, retención de la memoria, elevada carga de trabajo, tareas multiples, entre otras.

Como una respuesta al estrés, el cerebro activa muchos sistemas secretores de neuropéptidos. Cuando se presenta esta

activación, se liberan hormonas corticosteroides suprarrenales, que son conocidas como las hormonas del estrés. El cerebro continuamente está obteniendo retroalimentación de estas hormonas. Funcionan como un interruptor principal al apuntar a muchos genes en las neuronas y como un control de respuesta de red que es la base de la adaptación conductual.

Los corticosteroides ingresan a cada parte del cuerpo por medio de la circulación, lo que ayuda al cerebro a sincronizar con la parte del cuerpo que colabora para hacer frente al estrés. La amígdala tiene un papel importante en el procesamiento de recuerdos, ya que las experiencias desagradables se recuerdan fácilmente.

El estrés agudo y crónico crea cambios funcionales en algunas partes del cerebro como es la amígdala, el hipocampo y la corteza prefrontal. Pero cuando se presenta el estrés, la amígdala presenta un patrón completamente diferente en los cambios funcionales y estructurales.

El EEG permite estudiar la dinámica del cerebro a través de la escala de los circuitos neuronales. Por medio de los electrodos se registran los potenciales eléctricos derivados de la actividad neuronal. La forma de la onda del EEG, su amplitud y frecuencia se basa en el nivel consciente de cada persona.

Las ondas Theta aumentan bajo estrés o tareas mentales. El estrés mental determinado por medio del EEG muestra una disminución de las ondas alfa y aumento de las ondas Theta. Las ondas alfa son más activas en la región occipital y frontal del cerebro.

Cuando el cerebro esta sin actividad dominan las ondas alfa, por consecuencia en situaciones de estrés la potencia de alfa disminuye mostrando el cambio en la respuesta del estrés. Las ondas Beta tienen un comportamiento variable en diferentes frecuencias en distintas partes del cerebro. (Subhani A. R.)

3.12.1 Electroencefalograma

La electroencefalografía registra la actividad eléctrica espontánea de la corteza cerebral (capa del cerebro que se llama cortex). Debido a las variaciones rítmicas en las ondas que se observan, esto se debe a que una grande población de neuronas oscila coherentemente. Todas las neuronas generan una señal de la misma frecuencia. La forma del EEG depende la edad de las personas y del estado de alerta. Normalmente la señal del EEG se centra en su espectro de potencias, mediante un análisis en bandas de frecuencia, este se mide como una diferencia de voltaje entre dos electrodos. Para medir una señal tan pequeña, debe ser bueno el contacto entre el electrodo y la piel. La piel debe de recibir un tratamiento preparatorio de eliminar de la superficie la grasa y las células muertas, para colocar

un gel que mejore el contacto. Para obtener resultados buenos la impedancia no debe estar por encima de $5\text{ k}\Omega$. (buscar bibliografía).

3.12.2 Historia del Electroencefalograma

El físico inglés Richard Catón: en 1875 descubrió que en el cerebro existen corrientes eléctricas, él primero realizó un EEG en el cerebro de changos y conejos. Hans Berger neurólogo alemán en 1924, midió la actividad eléctrica del cerebro humano al amplificar la actividad eléctrica por medio de un equipo de radio, gracias a esto, descubrió que se puede grabar la corriente eléctrica del cerebro sin abrir el cráneo y estas se pueden graficar sobre un papel, también fue quien llamo a la medición de la actividad eléctrica en los humanos: electroencefalograma. Adrián y Matthews en 1934, confirmaron las ondas cerebrales en el cerebro humano y determinaron oscilaciones alrededor de 10 a 12 Hz la cual llamaron "ritmo alfa". (Teplan, 2002).

Un modelo básico del cerebro de las personas se obtiene cuando se relaja y se cierra los ojos. Normalmente las medidas se toman de un pico al otro y con un rango de amplitud de 0.5 a 100 μV , las formas de las ondas del cerebro son usualmentesinusoidal. El espectro de potencia puro de la señal del EEG es derivado por medio de las transformadas de Fourier. (Teplan, 2002).

3.13 Ondas Cerebrales

A la actividad eléctrica que produce el cerebro se le conoce como onda cerebral. Estas se detectan mediante el EEG, por la complejidad de la forma de la señal en el tiempo, los estudios se centran al espectro de potencias. Por medio de un análisis de su banda de frecuencias, las ondas cerebrales se clasifican en: Alfa, Beta Theta, Delta como se muestra en la figura 2. Luna (2011).

Según Teplan 2002, Beta tiene > 13 Hz, alpha entre 8 y 13 Hz, Theta entre 4 y 8 Hz y delta entre 0.5 y 4 Hz. La onda Alfa es la que más se ha estudiado y se presenta cuando están los ojos cerrados y en estado de relajación, se eliminan cuando se abren los ojos o se está en estado de alerta por cualquier mecanismo como puede ser pensar o hacer algún cálculo. Alpha es observado mejor en la región posterior y occipital con una amplitud de $50 \mu\text{V}$ entre pico a pico.

Durante un estado normal cuando los ojos están abiertos dominan las ondas beta. Cuando se está en relajación o con somnolencia se incrementa la actividad alpha y si el sueño se presenta las bandas de frecuencia bajas aumentan. El sueño se divide en dos clases: sueño del movimiento del ojo no despierto (por sus siglas en inglés, nonrapideyemovementsleep NREM) y sueño REM, estos aparecen en ciclos alternos. El NREM se divide en cuatro etapas, las etapas 3 y 4 Una de las mejores ventajas del EEG es su velocidad, cuando un estímulo es suministrado la actividad de las neuronas se graba en cuestión de segundos. (Teplan, 2002).

Las Ondas Gamma se encuentran en un rango de frecuencias de 36-44 Hz con una amplitud de $3\text{-}5 \mu\text{V}$, en donde $1 \mu\text{V}$ es igual a

1/1,000,000 voltios. Las ondas Gamma se presentan cuando se tiene un pensamiento intenso e hioeractividad. No son fácil de detectar porque su amplitud es pequeña. (Sih G., 2012)

3.13.1 Ondas Beta (β)

Tienen una frecuencia entre 13 y 30 Hz, son bastantes comunes y predominan en la edad adulta. Se registran cuando la persona esta despierta, activa mentalmente y psicofísica (laborando y/o en resolución de problemas). Se caracterizan por irritación, inquietud y temores repentinos, Luna (2011). Tienen un rango de frecuencia de 14-30 Hz con un rango de amplitud de 2-20 μV se presentan cuando la persona esta alerta y resolviendo problemas. Están alertas a estímulos externos que utilizan esfuerzo mental. (Sih, 2012).

3.13.2 Ondas Alfa (α)

Tienen una frecuencia de 8-12 Hz y se asocian con los estados de relajación, se encuentran predominantes sobre la región occipital, pero se encuentran en toda la corteza cerebral. Se caracterizan sus efectos como relajación, despreocupación, optimismo e integración cuerpo y mente. Se registran en los momentos antes de dormir. Luna (2011). Tienen un rango de frecuencia 6-15 Hz con un rango de amplitud de 20-60 μV se relacionan con situaciones tranquilas y relajadas. La onda alfa predomina en un adulto que se encuentra despierto, pero relajado con los ojos cerrados. Las amplitudes de alfa se reducen cuando las personas abren los ojos y están atentos a estímulos externos. En

personas que practican técnicas de relajación pueden tener altas amplitudes de alfa con los ojos abiertos. (Sih, 2012).

3.13.3 Ondas Theta (θ)

Tienen una frecuencia entre 3.5-7.5 Hz, son más rápidas en la zona frontal, pero predominan en la región occipital y temporal, se originan en el proceso de maduración en toda la corteza cerebral. Se producen mientras actúan las formaciones del subconsciente, en la meditación profunda y durante el sueño. Se caracterizan por memoria plástica, imaginación, fantasías, capacidad de aprendizaje e inspiración creativa. Se encuentra dominante entre los niños de 5 a 7 años quedando huellas hasta la juventud. Se asocia en adolescentes y adultos con estrés, pensamientos creativos o desordenes psíquicos. Luna (2011). Tienen un rango de frecuencia de 4-7 Hz y un rango de amplitud de 20 a 100 μV , se presentan en un estado de ánimo somnoliento. (Sih, 2012).

3.13.4 Ondas Delta (δ)

Tienen una frecuencia de 1-3 Hz. Las ondas delta son de gran importancia en los procesos curativos y fortalecer el sistema inmune, se caracterizan por soñar despierto, trance e hipnosis profunda, se presentan en estado de sueño profundo o situaciones que aumentan la presión intracraneal como un tumor cerebral. Luna (2011). Tienen un rango entre 3.5-5 Hz y un rango de amplitud entre 20-200 μV ,

reaccionan a la fuerza y duración del estímulo sensorial. Las ondas de Delta y Theta son de baja frecuencia que, en una persona adulta normal cuando avanzan las etapas de sueño de livianas a profundas, alfa disminuye y es remplazada poco a poco por la frecuencia más baja de Theta seguida por la frecuencia Delta. (Sih, 2012).

Cuando se tiene una alta frecuencia y una respuesta de baja amplitud, se puede expresar que a más baja frecuencia se tiene una respuesta la más alta amplitud. Las ondas cerebrales se encuentran en constante movimiento van de un estado de transición a otro con diferentes grados de velocidad e intensidades según lo dictado por las neuronas a través de la sinapsis química y eléctrica. Las ondas cerebrales se generan en el tálamo de la corteza cerebral por donde transmiten información de los sentidos. (Sih, 2012).

El EEG nos aloja datos de cinco ondas, ellas se reconocen mediante un rango de frecuencia con el tipo correspondiente de actividad cerebral que puede variar de acuerdo con el género y de persona a persona. La onda Gamma tiene el rango de la más alta frecuencia relacionado con el trabajo más intenso del cerebro. En consecuencia, la onda Delta tiene el rango de frecuencia más bajo y se presenta cuando estamos en un estado de sueño profundo debido a que el cerebro consume menos energía. (Sih, 2012).

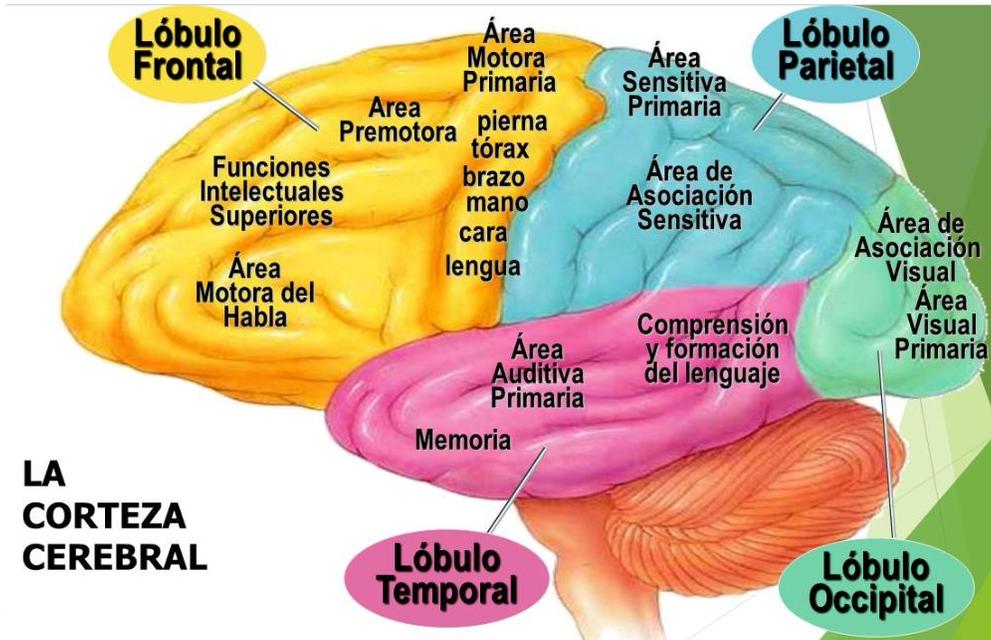
Tabla 2. Cinco Ondas Cerebrales

Onda Cerebral	Autor	Frecuencia (Hz)	Amplitud (μV)	Localización	Características
Gamma (γ)	(Sih, 2012).	36-44	3-5		se presentan cuando se tiene un pensamiento intenso e hiperactividad
	(Reyes A., Niño C., 2013)	>30			Se asocia con actividades mentales complejas y a los procesos de comunicación
Beta (β)	(Luna 2011).	13 - 30 Hz			Se registran cuando la persona esta despierta, activa mentalmente y psicofísica (laborando y/o en resolución de problemas).
	(Sih, 2012).	14-30	2-20		se presentan cuando la persona esta alerta y resolviendo problemas. Están alertas a estímulos externos que utilizan esfuerzo mental.
	(Reyes A., Niño C., 2013)	12-30	5-30	Parietal y Frontal	Se asocia a concentración y resolución de problemas y estados de alerta. Cuando exista una extrema concentración puede alcanzar los 50 Hz

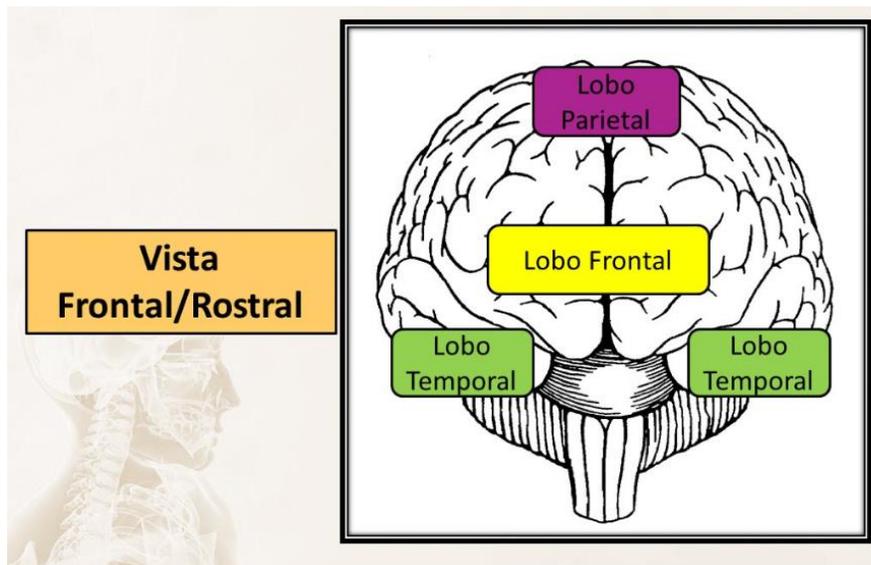
Alpha (α)	(Luna, 2011).	8-12 Hz		predominan antes sobre la región occipital, pero se encuentran en toda la corteza cerebral.	Se caracterizan sus efectos como relajación, despreocupación, optimismo e integración cuerpo y mente. Se registran en los momentos antes de dormir.
	(Sih, 2012).	8-15	20-60		Las amplitudes de alfa se reducen cuando las personas abren los ojos y están atentos a estímulos externos. En personas que practican técnicas de relajación pueden tener altas amplitudes de alfa con los ojos abiertos. se relacionan con situaciones tranquilas y relajadas.
	(Reyes A., Niño C., 2013) Colombia	8-13	Amplitud >20 μV	Occipital y Frontal	Se asocia a poca actividad mental y relajación
Theta (θ)	(Luna, 2011).	3.5-7.5 Hz		Son más rápidas en la zona frontal, predominan en la región occipital y temporal	Se producen mientras actúan las formaciones del subconsciente, en la meditación profunda y durante el sueño. Se asocia en adolescentes y adultos con estrés, pensamientos creativos o desordenes psíquicos.
	(Sih, 2012).	4-7	20-100		se presentan en un estado de ánimo somnoliento

	(Reyes A., Niño C., 2013)	4-7	Amplitud >20 μV	Parietal y Temporal	Se asocian con estrés y frustración
Delta	(Luna, 2011).	1-3 Hz			son de gran importancia en los procesos curativos y fortalecer el sistema inmune, se caracterizan por soñar despierto, trance e hipnosis profunda, se presentan en estado de sueño profundo o situaciones que aumentan la presión intracraneal como un tumor cerebral
	(Sih, 2012).	0.5-3	20-200		En una persona adulta normal avanzan las etapas de sueño de livianas a profundas, alfa disminuye y es remplazada poco a poco por la frecuencia más baja de Theta seguida por la frecuencia Delta.
	(Reyes A., Niño C., 2013)	0.5-4	Amplitud variable		Se asocian con sueño profundo y estados de meditación.

Las variaciones de las ondas cerebrales son ocasionadas por los distintos impulsos nerviosos que son enviados y recibidos de las neuronas corticales, que inclusive durante el sueño se encuentran siempre presentes. (Sih, 2012).

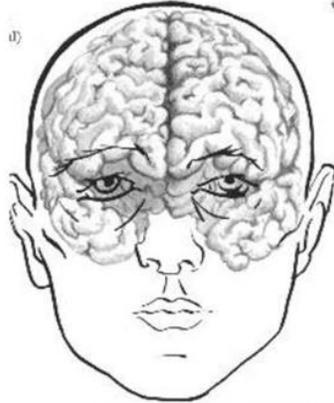


slideplayer.es/slide/10714526/37/images/27/Lóbulo+Frontal+Lóbulo+Parietal+Lóbulo+Temporal+Lóbulo+Occipital.jpg



<https://psicologiaparaofuturo.files.wordpress.com/2012/08/06.jpg>

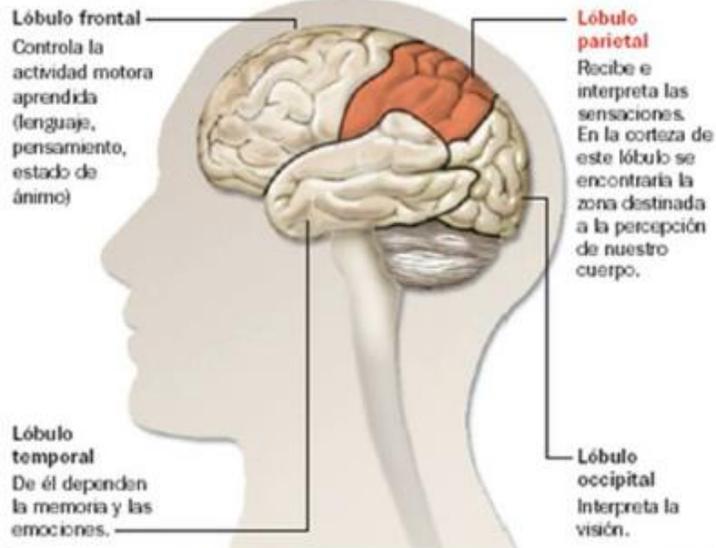
Ubicación del cerebro



<https://slideplayer.es/slide/5559586/>

Las áreas de la corteza cerebral

El cerebro está dividido en cuatro lóbulos asociados con distintas funciones.



<https://slideplayer.es/slide/5559586/>

Lugar de los Electroodos en el Cerebro

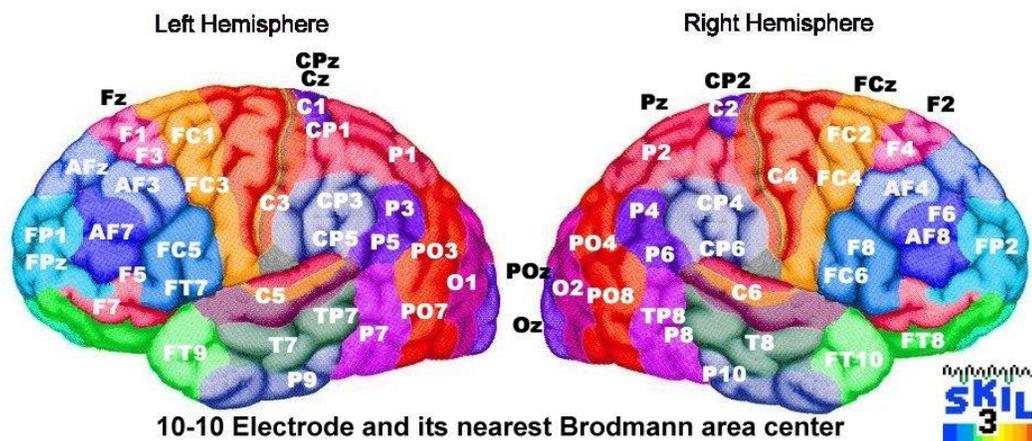


Fig. Electroodos en las Diferentes Regiones del Cerebro

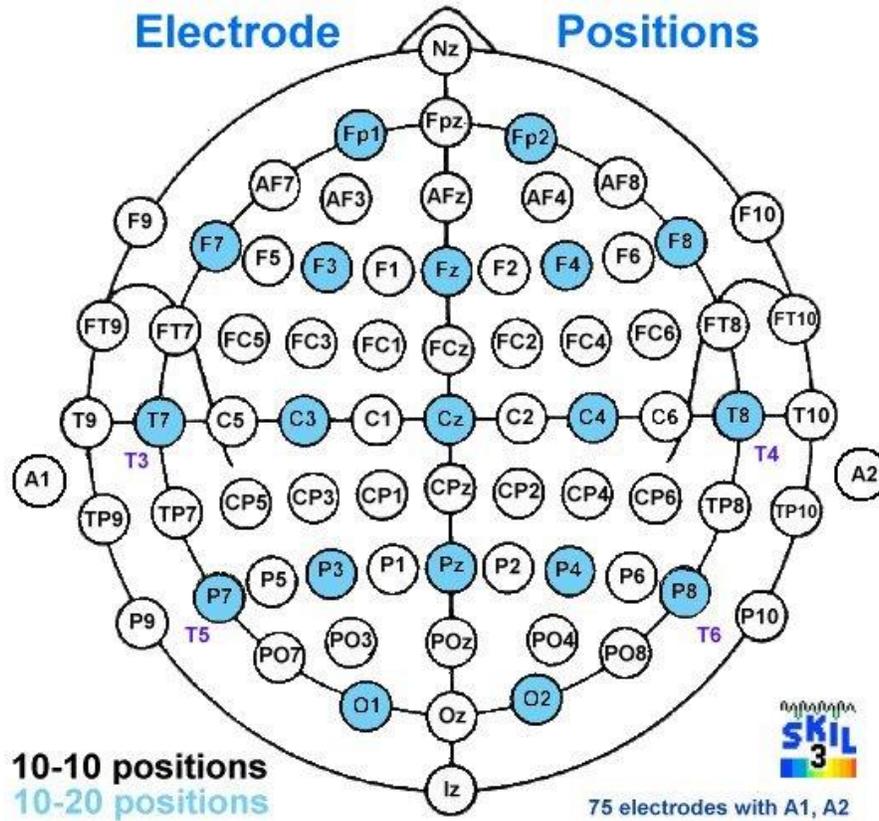
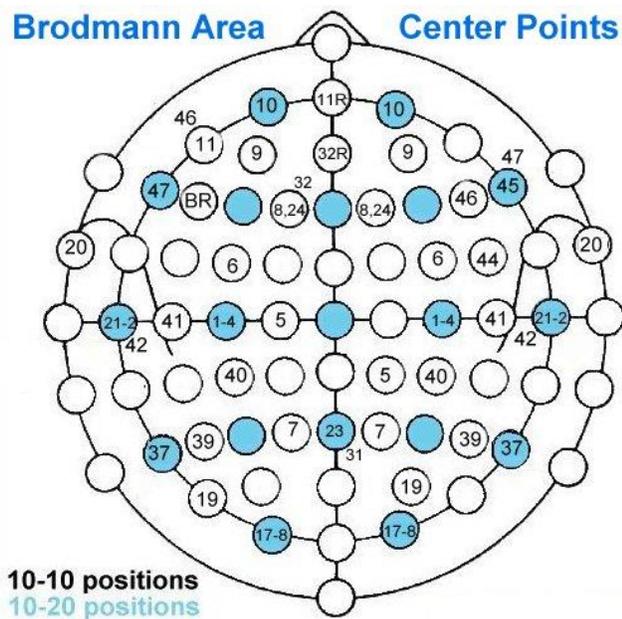


Fig. Posición de los Electrodes en el Sistema 10-20



www.brainm.com/software/pubs/dg/BA_10-20_ROI_Talairach/functions.htm

https://www.edmontonneurotherapy.com/Edmonton_Neurotherapy_QE_EG_brain_mapping.html

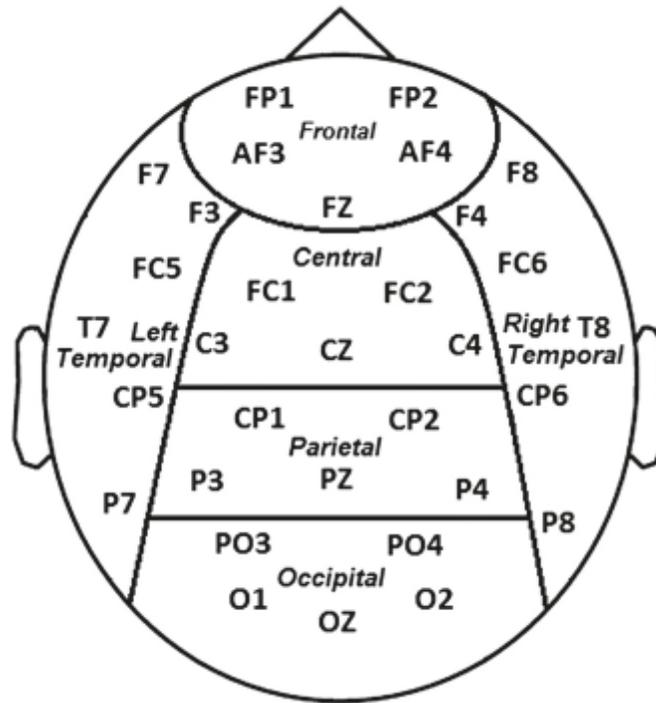


Figura. Electrodo dividido en Seis Regiones del Cerebro

De acuerdo con la investigación de Ahani A. et al; Calcularon la Densidad del Espectro de Potencias en las diferentes posiciones dónde se encuentran los electrodos. Calcularon el promedio en el área frontal, central, parietal, occipital, temporal izquierdo y temporal derecho, para las ondas cerebrales Theta, Alfa y Beta. Cuando se realizó la DEP Para todos los canales y frecuencias, los valores de la DEP para todas las frecuencias en cada canal y cada región utilizaron un Análisis de Varianza (ANOVA) como prueba estadística con los factores: Meditación, Control y la Ubicación (Frontal, Central, Parietal, Occipital, Temporal Derecho y Temporal Izquierdo), se comprobó la normalidad

de los datos y cuando no eran normales se utilizó la transformación Box-Cox. En este estudio, se evaluaron la condición de control y meditación. Se obtuvo suficiente evidencia con el EEG para concluir que la potencia de la onda Alfa y Theta se incrementó durante el estado de meditación y la tasa de respiración fue menor durante la meditación.

Según Russell J. en 1980, la representación cognitiva de los afectos tiene ocho variables que se representan dentro de un círculo, en un espacio de dos dimensiones. En esta metáfora espacial, la dimensión horizontal; en la parte del este se localiza el placer o disfrutar y en el oeste se localiza el disgusto o enojo; en la dimensión vertical, en la parte norte se localiza el arousal (agitación o excitación) y en la parte sur se localiza el estado de somnolencia. Las otras variables ayudan a definir los cuadrantes del espacio dentro del círculo y también no son dimensiones independientes.

Por ejemplo; excitement (agitación, emoción) no se puede localizar directamente al norte o al este, se encuentra entre la combinación de alto placer y alto arousal. El opuesto bipolar de excitement es la depresión que se encuentra en el sureste. De esta manera, el opuesto del distress (angustia) es estar contento.

Para la investigación se utilizaron 36 estudiantes universitarios de la Universidad Británica de Colombia de ambos sexos que voluntariamente participaron. Cada persona desarrolló una tarea sorteada aleatoriamente. Se les dieron 28 palabras para que describieran como se sentían o que emoción sentían, las palabras se les presentaron en orden alfabético para que representaran cada

una de las categorías: arousal, contento, depresión, angustia (distress), agitado (excitement), tristeza o infeliz (misery), disfrutar (pleasure) y somnolencia (sleepiness).

Otra manera que clasificaron las emociones, realizó una segunda tarea aleatoriamente, cuando las personas completaron las tareas, se les hicieron las siguientes preguntas: la palabra que describe su tarea alrededor de la orilla del círculo de tal manera que: 1) la palabra que se encuentra opuesta en el círculo describe el sentimiento opuesto y 2) la palabra que está más cerca en el círculo describe un sentimiento muy similar. Las ocho categorías fueron: agitado (aroused), contento (contented), depresivo (depressed), angustiado (distress), emocionado o agitado (excited), triste (miserable), satisfecho (pleased), somnoliento (sleepy).

Los límites de las palabras afectivas pueden proveer una explicación de su orden circular. Por ejemplo; agitado (excitement) y satisfecho (pleasure) están cerca en el orden circular porque sus límites se traslapan considerablemente. Las ocho categorías de las emociones fueron asignadas en coordenadas de escala basadas en su teoría (empírica). Los grados para ordenar las emociones circularmente en la fig. es la siguiente: satisfecho = 0° , emocionado = 45° , arousal = 90° , distress = 135° , triste = 180° , depresión = 225° , somnolencia = 270° , contento = 315° . (Russell James A., 1980)

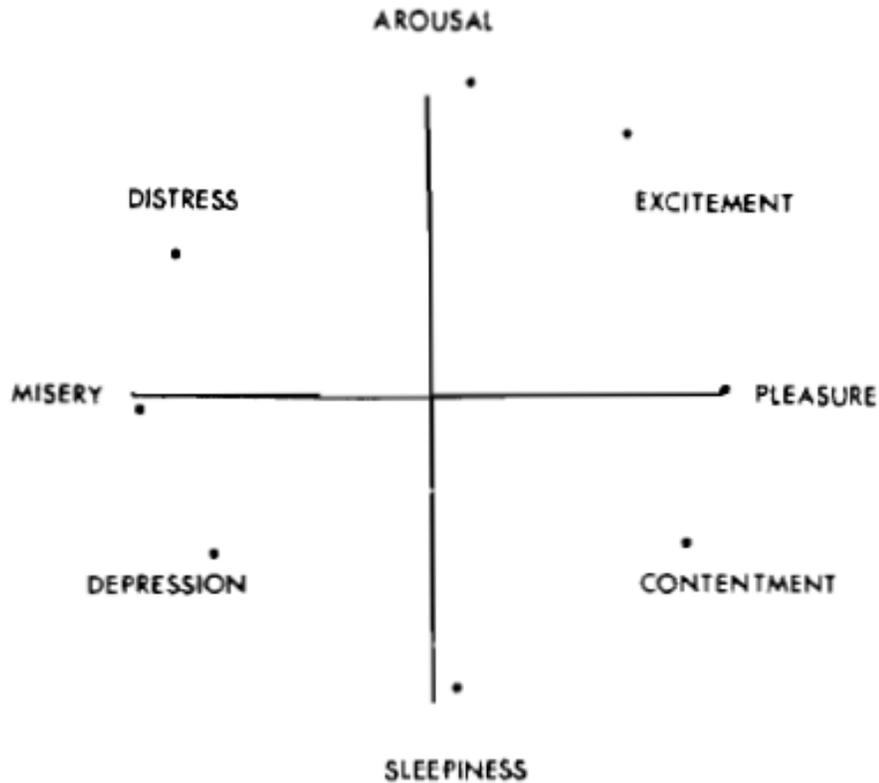


Figura. Categoría de las Ocho Emociones (Russell James A., 1980)

En base a la investigación de Ramírez & Vamvakousis en 2012 en España; en los últimos años se ha incrementado el estudio de las emociones en la interacción humano-computadora. La clasificación de las emociones basados en sistemas computacionales, son considerados buenos o exactos. Sin embargo, las emociones no siempre se manifiestan en nuestras expresiones faciales o en el tono de la voz. También la expresión facial y el tono de la voz pueden ser controladas y modificadas conscientemente. Por lo tanto; se han

propuesto otros métodos para detectar las emociones con diferente información fisiológica como; el ritmo cardíaco, la conductividad de la piel y la dilatación de la pupila. Una nueva metodología se está desarrollando para detectar las emociones por medio de la interacción cerebro computador a través del EEG. Existen actualmente varias investigaciones para detectar las emociones por medio del EEG, pero todavía no existe una metodología definitiva.

La actividad eléctrica que se mide por los electrodos a través del EEG corresponde a los potenciales de campo que resulta de la actividad de muchas células neuronales individuales en la corteza cerebral. La actividad cortical que se mide se distorsiona por el tejido y el cráneo entre los electrodos y las neuronas. Cuando se lleva a cabo la grabación de las ondas se introduce ruido y se reduce la intensidad de las señales.

Para detectar las emociones (arousal y valencia), se puede utilizar la actividad de las ondas alfa y beta. En esta investigación se menciona que Choppin en el 2000, propuso el uso de las señales del EEG para la clasificación de seis emociones utilizando redes neuronales. El enfoque de Choppin está basado en la valencia, el arousal y el dominio de las señales del EEG para determinar la emoción. Él determinó las siguientes características:

- Emociones positivas: coherencia frontal alta en alfa y una potencia alta en la onda beta en el parietal derecho.
- Más alto arousal (excitación): se caracteriza por la potencia más alta de beta y coherencia en el lóbulo parietal, más una baja actividad de la onda alfa, mientras que el dominio (fuerza

de la emoción) es caracterizado como un incremento en la actividad del radio beta/alfa en el lóbulo frontal, más un incremento en la actividad beta en el lóbulo parietal.

Los electrodos que se utilizan para medir las señales del EEG en la corteza prefrontal para determinar los niveles de arousal y valencia son: AF3, AF4, F3 y F4. Las ondas beta se asocian con un estado de alerta o agitado de la mente, mientras que las ondas alfa en estado de relajación son más dominantes. También, se le asocia a la actividad alfa con la inactivación del cerebro. Por esta razón, el radio beta/alfa es un indicador del estado de arousal de las personas.

El predominio de la onda alfa es cuando se está despierto en un estado de relajación mental, se encuentra más visible sobre el lóbulo occipital y parietal. Se correlaciona la intensa actividad de la onda alfa con la inactivación del cerebro. La actividad de la onda Beta, en cambio, se relaciona con un estado activo de la mente, durante una intensa actividad mental se encuentra más prominente en la corteza frontal.

Para definir el nivel de valencia, si el estado de la mente es negativo o positivo, se comparan los niveles de activación de los dos hemisferios corticales. La inactivación frontal del lado izquierdo es un indicador de retirar la respuesta, el cual es asociado a una emoción negativa. Así como; la inactivación frontal del hemisferio derecho se relaciona con la emoción positiva.

En conclusión; una alta actividad de la onda alfa es una señal de una baja actividad del cerebro. Entonces, para comparar la activación

de los hemisferios, se puede utilizar la valencia. En donde, se compara la potencia de la onda alfa y la potencia de la onda beta utilizando los canales F3 y F4. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Valencia} = \frac{\alpha F4}{\beta F4} - \frac{\alpha F3}{\beta F3}$$

(Rafael R. & Vamvakousis Z., 2012).

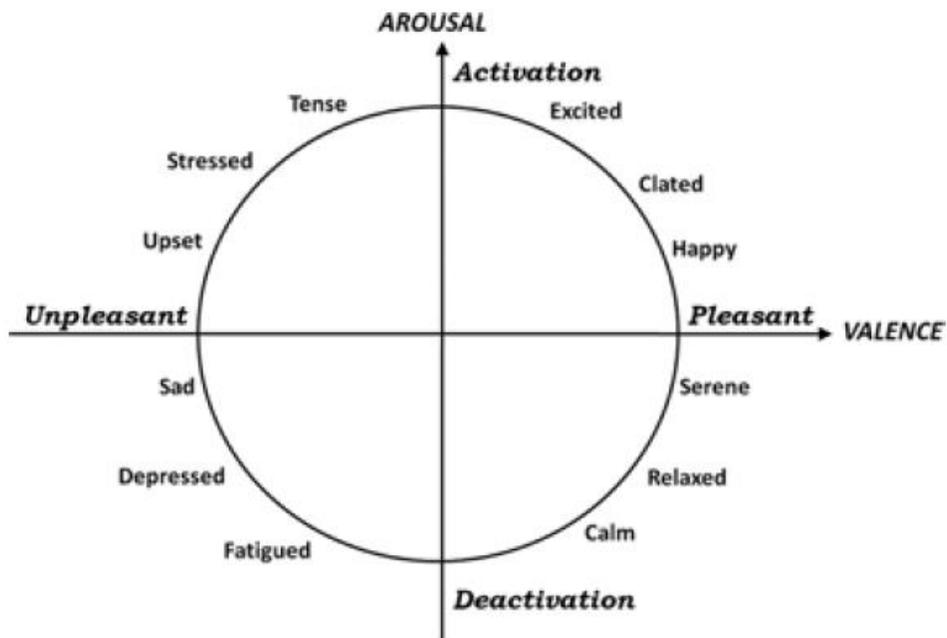


Fig. Modelo Circumplejo de las Emociones (Jain V., 2015)

De acuerdo con Blaiech en Tunisia; se tienen tres factores para detectar las siete emociones básicas: disgustado, disfrutar,

sorprendido, tristeza, asustado, enojado y neutral. A continuación, se mencionan algunas reglas para detectar la emoción.

Arousal	Valencia	Dominio	Emoción	
Mediano	Larga	Mediano	Disfrutar/Contento	
Mediano	Pequeña	Pequeño	Disgustado	
Mediano	Mediana	Mediano	Neutral	
Mediano	Mediana	Largo	Neutral	
Pequeño	Pequeña	Mediano	Triste	

3.13 Neurotecnología

La neurotecnología es un conjunto de herramientas que se utilizan para analizar el sistema nervioso, especialmente sobre el cerebro en el ser humano. El EEG es una técnica no invasiva (no requiere cirugía para su aplicación) que forma parte de la neurotecnología. (Ortega, 2015).

3.14 Análisis Espectral de una Señal

De acuerdo con el Teorema de Fourier cualquier señal temporal está constituida por una o más ondas senoidales a varias frecuencias, cada una tiene su amplitud y fase determinada. “El espectro de una señal es una representación en el dominio de la frecuencia”, esto significa que para un rango de valores de frecuencia que oscilan desde 0 Hz hasta un valor determinado.

Mediante la Transformada de Fourier se puede determinar el espectro de una señal $f(t)$:

$$F[f(t)] = F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

3.15 Tipos de Registros Electroencefalográficos

Para el registro de encefalografía se combinan de acuerdo con los montajes. Hay dos clases de montajes: uno el bipolar (transversal y longitudinal) y otro el monopolar (referencial). El monopolar identifica la diferencia potencial entre un n electrodo posicionado en área sin actividad o neutra (puede ser un lóbulo de la oreja) y otro colocado en una zona cerebral activa. El Emotiv EPOC tiene un registro monopolar, utiliza dos referencias que están conectadas simultáneamente y sus electrodos correspondientes se localizan cerca de las orejas del ser humano. (Ortega, 2015).

En el registro monopolar; la señal de cada uno de los electrodos es independiente, a estos electrodos se les llama de registro o activos. Al electrodo de referencia teóricamente su voltaje es de 0 V (GND). Para que el electrodo de referencia tenga un valor cerca de 0 debe de

ubicarse en el lóbulo de la oreja, mentón o mastoides. De esta forma se mide la diferencia entre el electrodo de referencia y el electrodo activo. (Reyes A., 2013)

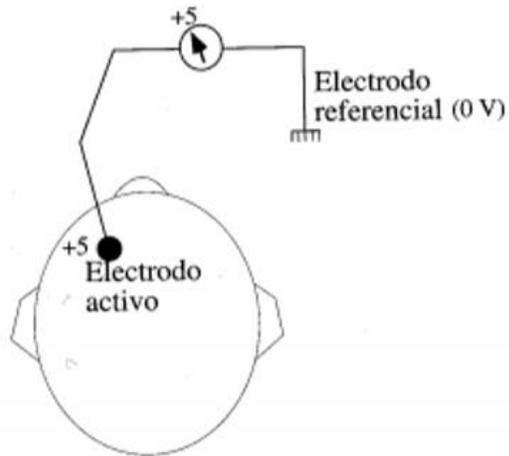


Fig. Montaje de Registro Monopolar (Reyes A., 2013)

3.16 Disposición de los Electrodo

La posición de los electrodos en la superficie de la cabeza, sobre los puntos de registro se realiza según un distribución sistemática. La gran parte de los laboratorios de EEG utilizan la distribución de electrodos aconsejada por la Federación Internacional de Sociedades de Electroencefalografía y Neurofisiología Clínica. Se le conoce como sistema de registro 10-20. Consiste en partir cuatro determinados puntos en la cabeza: del inión, que se encuentra en la parte posterior de la cabeza, del nasión, localizado en la base de la nariz sobre la

sutura frontonasal y de los dos puntos preauriculares que corresponde cada uno donde empieza el hueso cigomático delante del trago. La colocación de los electrodos se toma 100% el valor de la distancia que separa al nasión del inión.

Los electrodos se clasifican con letras y números, en el hemisferio derecho se localizan los pares y sobre el hemisferio izquierdo se identifican los impares. Las regiones de la cabeza se identifican de la siguiente manera: frontopolar (Fp), frontal (F), central (C), temporal (T), occipital (O) y parietal (P). a los electrodos localizados sobre la línea media se le señala la letra zeta minúscula (z de cero) (Fz, Cz, Pz). A los electrodos que se localizan en el lóbulo de la oreja se le denominan A1 Y A2 donde A significa auricular como se muestra en la figura 3. (Ortega, 2015).

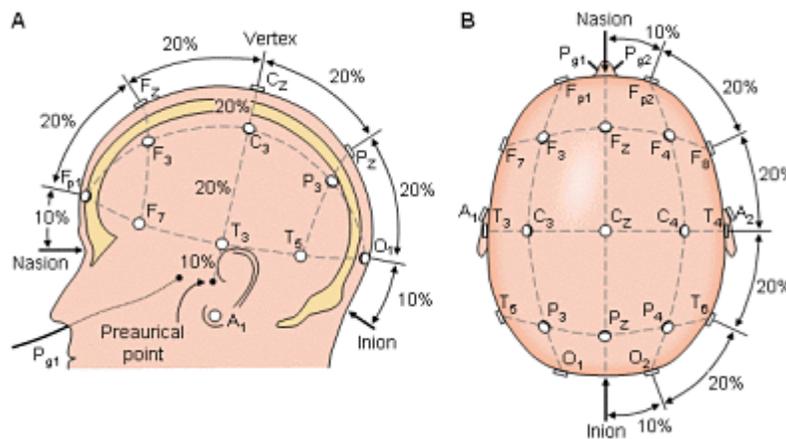


Fig. 3 Localización de los Electrodo en el Sistema 10/20 EEG

3.17EmotivEpoC

Es un aparato novedoso para la investigación con 14 canales móvil EEG diseñado para la aplicación de la interfaz del control cerebral avanzado (BCI) y la investigación contextualizada. Lleva a cabo investigaciones detectando nuestras expresiones faciales, rendimiento, emociones métricas y ordenes mentales.

Las señales que mide son: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8 y AF4 se muestran en la figura 1. Tiene 2 referencias: en la CMS/DRL configuración de cancelación de ruido en las locaciones P3/P4. Sin cables Bluetooth® Smart, la vida de la batería hasta 12 horas usando sin cables, hasta 6 horas usando Bluetooth® Smart. El Emotiv Epoc se muestra en la figura 2. (www.emotiv.com/product/emotiv-epoc-14-channel-mobile-eeeg-/).

Las dos referencias CMS y DRL se deben colocar detrás de la oreja, cerca o por arriba a los mastoides, esto es fundamental para que funcione correctamente ya que de lo contrario no se tendrá una adecuada lectura sobre la señal y no se obtendrá señal del resto de los sensores. (Ortega, 2015).

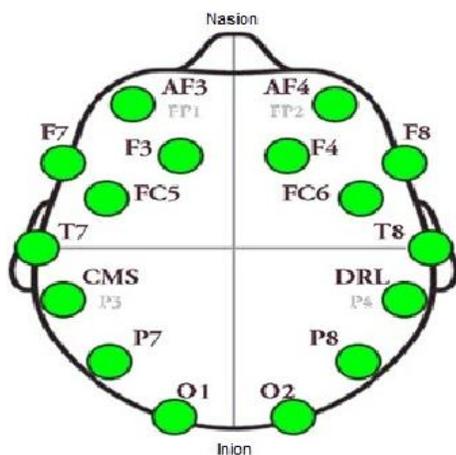


Figura 4. Lugar de Sensores

Figura 5. EmotivEpoc

3.17.1 Electrodo

Los electrodos se localizan sujetos a los brazos de plástico que aseguran su exacta ubicación. Su localización se apoya en el sistema 10-20. Cada electrodo contiene una almohadilla que se humecta con una solución salina lo que hace efectiva la conducción de la actividad eléctrica. Se recomienda limpiar los electrodos con agua destilada después de utilizarlos debido a que se comienza a oxidar las pequeñas chapas de metal que se conecta con las almohadillas. (Jordan Ortega Rodriguez, Alejandro Pacheco Cano, 2015). Esto origina ruido en las señales ocasionando problemas en la detección, por lo que se sugiere sacar el filtro de la base y guardarlo en forma separada, para impedir su oxidación. El sistema Emotiv EPOC se comunica mediante Bluetooth, lo cual le permite no estar conectado a ningún cable. (Monge, 2015).

El Emotiv Epoc ofrece tres clases de algoritmos que es capaz de detectar como son las expresiones faciales, las emociones y el pensamiento. Las cuales se describen a continuación: la expresión facial, se enfoca en la activación sobre diferentes músculos y movimientos de los ojos de cada persona. Puede detectar hasta 6 diferentes emociones como son la excitación (arousal), la calma (valencia), el estrés, el aburrimiento, la atención y el estado de meditación o relajación. (<https://www.emotiv.com/the-science/>).

3.17.2 Impedancia del Electrodo en las Señales de EEG

Para que se registren correctamente las señales en un EEG, se debe tener una conexión eléctrica entre el cráneo y el electrodo. Se debe de tener cuidado ya que la grasa de la piel, el sudor o las células muertas del cuero cabelludo forman una pared de resistencia eléctrica, la cual obstruye la medición de las ondas cerebrales.

La impedancia es la expresión del paso de la corriente eléctrica y sus unidades son medidas en Ohm (Ω), se puede observar gráficamente la impedancia de cada electrodo: cuando hay baja impedancia se observa de color verde y esto indica una alta calidad de la grabación, una alta impedancia se observa de color rojo e indica una baja calidad de la grabación. Por lo tanto, se recomienda que en la recopilación de los datos las impedancias sean bajas ya que las señales grabadas van a reflejar los procesos reales dentro de la cabeza.

Recomendaciones para bajar las impedancias:

- Se debe de tener el cabello lavado y seco.
- No se utilizar productos sobre el cabello como: acondicionador, aerosol, cera o gel.
- No utilizar pasadores en el cabello.

3.18 Software EmotivPRO

El Software Emotiv PRO está diseñado para la investigación en educación y neurociencia y se puede utilizar en Epoc+eInsight, ver figura 6. El Emotiv Insight cuenta con 5 canales para la lectura de las ondas cerebrales. El Emotiv Epoc+ es recomendado para investigación

científica, ya que cuenta con una alta resolución y presenta resultados reales y de calidad. (<https://www.emotiv.com/emotivpro/>)



Fig. 6. Emotiv Insight
(<https://www.emotiv.com/insight/>)

3.19 Validación del Emotiv Epoc

Debido a los trastornos cognitivos y del desarrollo que se presentan en algunos niños como dislexia, déficit de atención por hiperactividad entre otros. Las grabaciones de un EEG en un laboratorio suelen ser incómodas, largas y en ocasiones muy difícil la toma de datos con niños que presentan algún trastorno.

En Australia, se llevó a cabo un estudio simultáneamente para hacer comparación entre las grabaciones en un laboratorio y el Emotiv Epoc con “21 adultos con 566 tonos estándar (1000 Hz) y 100 desviaciones (1200 Hz) con condiciones de tono pasivo bajo (no atendido) y activo (atendido). Los marcadores que se utilizaron para realizar la investigación en el laboratorio en el Emotiv Epoc fueron los picos P1, N1, P2, N2 y P3 y la falta de correspondencia de negatividad (MMN, por sus siglas en inglés, mis match negativity).

Los resultados que se obtuvieron de los dos estudios fueron muy similares, no se obtuvieron diferencias significativas, por lo que se llegó a la conclusión que de acuerdo a la investigación se sugiere que el Emotiv Epoc es una herramienta alternativa válida, especialmente para personas que no pueden someterse a una prueba de laboratorio, también crea nuevas alternativas de investigación, ya que se puede utilizar en escuelas, hogares, centros comerciales, hospitales, entre otros) así como en niños y adultos. (Badcock, et. al. 2013).

4. METODOLOGÍA

En este capítulo se abordará la metodología propuesta para resolver el objetivo general de esta investigación; que es determinar mediante un análisis neuroergonómico el comportamiento de las ondas cerebrales Beta, Alfa Theta y Delta en un ensamble manual con movimientos repetitivos en un producto con legos.

Para definir la metodología, se seguirán los siguientes pasos:

1. Por medio de un diseño general factorial se creará un total de 30 corridas aleatorias; se realizará con 5 personas, 3 tiempos estándar y 2 réplicas. (semestre agosto-dic 2019).
2. Por medio del consentimiento informado, se le explicará a la persona el estudio que se les va a realizar y que autorizan participar en el mismo.

3. Se le pondrá el casco Emotiv Epoc a la persona y mientras realiza sus actividades de trabajo, se estarán adquiriendo los datos a través del programa Emotiv Pro el cual analiza las ondas frecuenciales.
4. A través del ritmo cardiaco también se hará una medición para compararse con las ondas cerebrales.
5. Finalmente se determinará el comportamiento de las ondas cerebrales Beta, Alfa Theta y Delta y su efecto con un proceso de movimientos repetitivos.

4.1 Consentimiento Informado.

Para poder realizar un estudio en personas, es necesario que hacer un consentimiento informado en donde la persona autoriza participar voluntariamente en el estudio. Ver figura 7.

CONSENTIMIENTO INFORMADO	
	Fecha: _____
Título del Proyecto:	Diseño de un Modelo Neuroergonómico para Cuantificar el Estrés Laboral por Medio de las Ondas Cerebrales y su Efecto con la Productividad en Procesos Industriales.
Objetivo del Estudio:	El objetivo general que se desean comprobar en esta investigación es diseñar un modelo para medir el estrés por medio de las ondas cerebrales Beta, Alfa Theta y Delta y determinar su relación con la productividad.
Cómo se Realizará el Estudio:	_____ _____ _____
Dónde se Realizará el Estudio:	_____ _____
Tiempo Requerido:	_____

SEGUNDO PARTE DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

Riesgos o Efectos Secundarios:

Al realizar esta investigación no se tiene ningún riesgo ni efecto secundarios sobre la persona ya que NO se invasiva.

Participación voluntaria:

La participación de la persona en el estudio es estrictamente voluntaria.

Derecho a retirarse del estudio:

Si el participante desea retirarse del estudio, lo podrá hacer sin ningún tipo de represalias.

Con quien dirigirse en caso de preguntas:

Ana García, Ejecutor del proyecto Cel:

AUTORIZACIÓN

Yo _____,

certifico que me han informado con la claridad y veracidad respecto al estudio académico que me invitaron a participar; en el cual participo libre y voluntariamente como colaborador, contribuyendo a la realización y éxito de este proyecto.

Figura 7. Consentimiento Informado

Diseño del Experimento

El experimento se llevó a cabo con tres personas (una mujer y dos hombres), estas personas son estudiantes del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez con una edad promedio entre 23 y 30 años. Una de las personas trabaja y estudia, las otras dos personas solo estudian. Ninguno de los participantes sufre de enfermedades cardiacas, neurológicas y problemas con la presión. Los participantes firmaron el consentimiento informado, donde ellos están de acuerdo en participar voluntariamente en el estudio.

Experimento

El experimento consistió en el ensamble manual de 122 piezas pequeñas de legos, se realizó un estudio de tiempos por video y se realizó una línea de producción dividida en tres estaciones de trabajo. Debido a que todas las operaciones son repetitivas (toma lego y ensambla) la grabación de las ondas cerebrales sólo se realizó en la

estación 1, con una duración del experimento de tres horas por cada persona. En cada hora hubo una variación en el tiempo estándar con la finalidad de aumentar la fatiga en las personas que realizaban el experimento; la primera hora se trabajó al 100%, la segunda hora al 80%, la tercera hora al 70% del tiempo estándar. En total cada persona realizó 75 ensambles durante las tres hrs. que duró el experimento. El experimento se muestra en la figura 8.

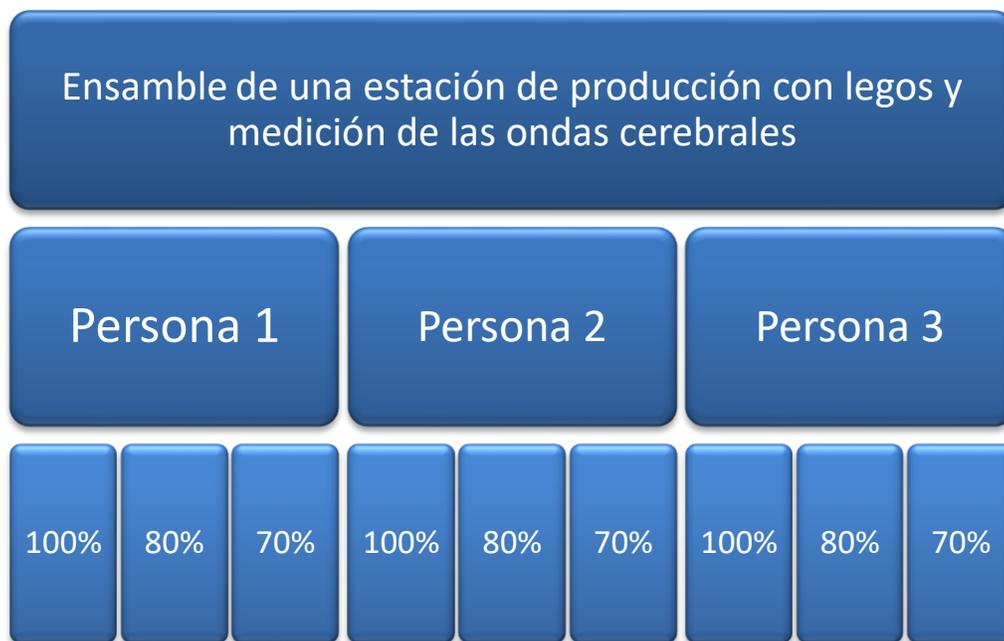


Figura 8. Diseño del Experimento

Procedimiento

Antes de realizar el experimento, las personas firmaron el consentimiento informado y tuvieron un previo entrenamiento hasta alcanzar el tiempo estándar. También se les dio una plática para que

al realizar el experimento hicieran los mínimos movimientos para minimizar los artefactos en el EEG (hablar, sonreír y/o cualquier movimiento innecesario). El experimento dio inicio entre 13:00 y 14:00 p.m. El equipo Emotiv Epoc y el Software Emotiv Pro se utilizó para la grabación de las ondas cerebrales. Se aseguró que al momento de la grabación existiera buen contacto entre los electrodos. El software Emotiv Pro con la finalidad de eliminar los artefactos del movimiento de los ojos se empezó la grabación después de 30 seg. con los ojos abiertos y 30 seg. con los ojos cerrados.

Con la persona 1 y 2 (mujer y un hombre), se les quito el aparato Emotiv Epoc cada hora debido a que presentaron molestias por el mismo, dando un descanso de 10 min. más el tiempo de volver a colocar el aparato. La persona 3 se le quito después de las primeras dos hrs. de trabajo debido a que presentó las molestias pasada la primera hora. Se muestra el ensamble manual de la estación uno en la figura 9.



Fig 9. Ensamble Manual de la Estación Uno

Análisis de las Ondas Cerebrales

Para el análisis de los datos, el software eeglab se utilizó para el análisis de las ondas cerebrales (Delorme A. & Makeig S., 2004), el cual es un programa que trabaja bajo el software Matlab The Mathworks, Inc. (Bloomberg, 2019). El algoritmo ASR fué utilizado (ArtifactSubspaceReconstruction) para remover los artefactos del EEG que contaminan el estudio debido al movimiento de los ojos, parpadeos, movimiento muscular, ritmo cardiaco.

En la figura 10 se muestran la localización de los canales por nombre, en la fig.11 se muestran la localización de los canales por número.

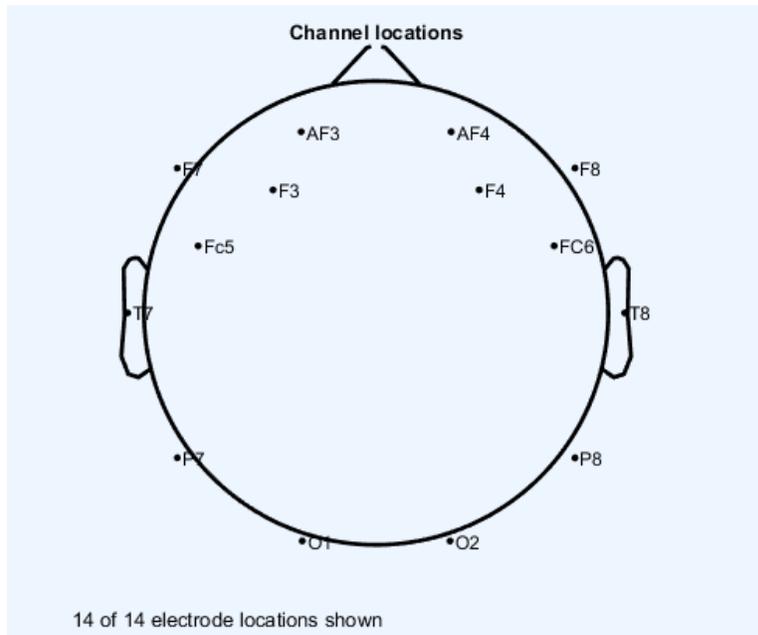


Figura10.Canales de Emotiv Epoc por Nombre

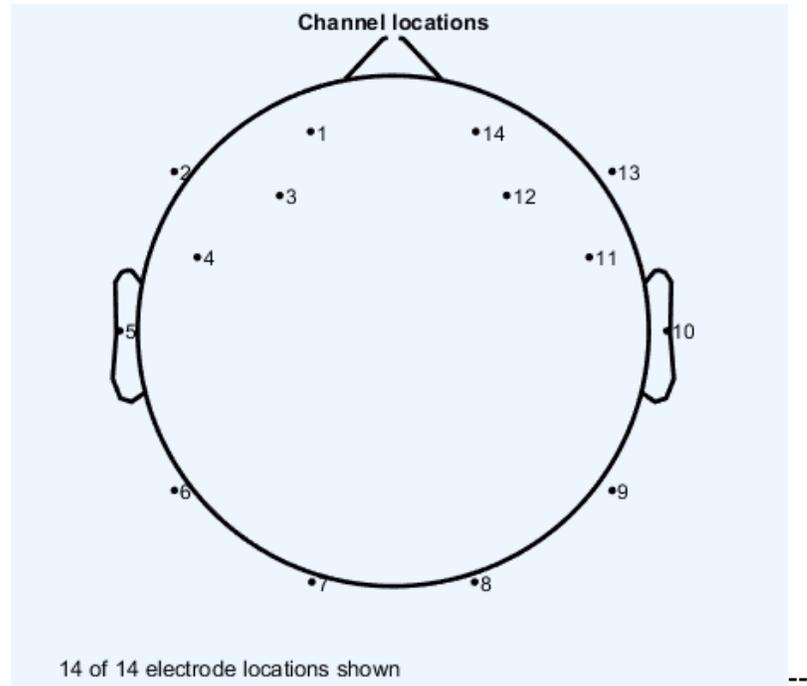


Fig. 11 Canales de Emotiv Epoc por Número

- Análisis de Datos:** para realizar el análisis de los datos, en cada estudio los Datos fueron interpolados, se utilizó el algoritmo para remover los artefactos que contaminan el estudio debido a la actividad del movimiento de los ojos, parpadeos, músculos, ritmo cardiaco, ASR (ArtifactSubspaceReconstruction, por sus siglas en inglés ASR) e ICA, también finalmente se utilizó una herramienta del eeglab que rechaza datos continuos automáticamente, con la finalidad de hacer una mejor limpieza del ruido que pueda tener el estudio. Se muestra en la figura 12 la limpieza de artefactos, fig. 13 Interpolación de los canales, fig. 14, aplicación del algoritmo ASR y en la fig. 15 la aplicación de rechazar automáticamente el ruido.

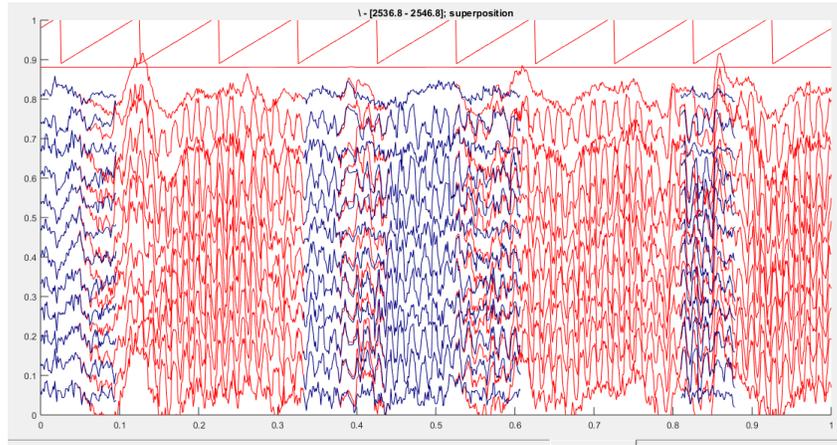


Figura 12. Limpieza de los Artefactos

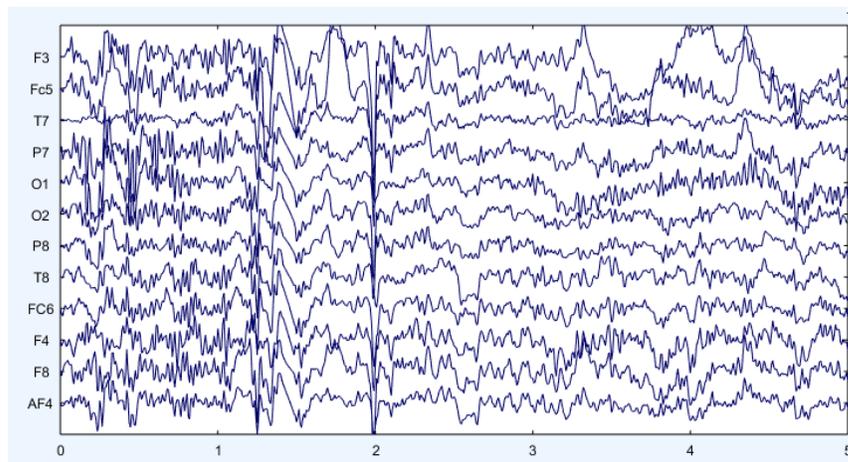


Figura 13. Interpolación de los Canales

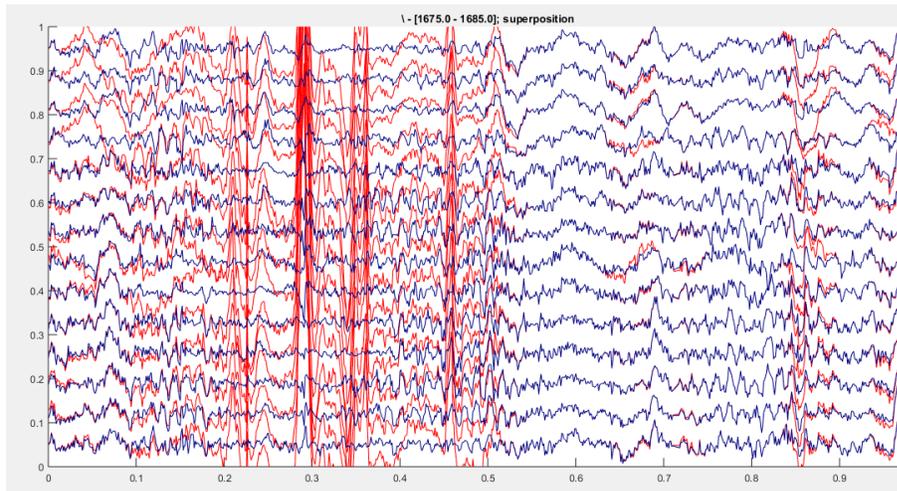


Figura 14. Aplicación del Algoritmo ASR

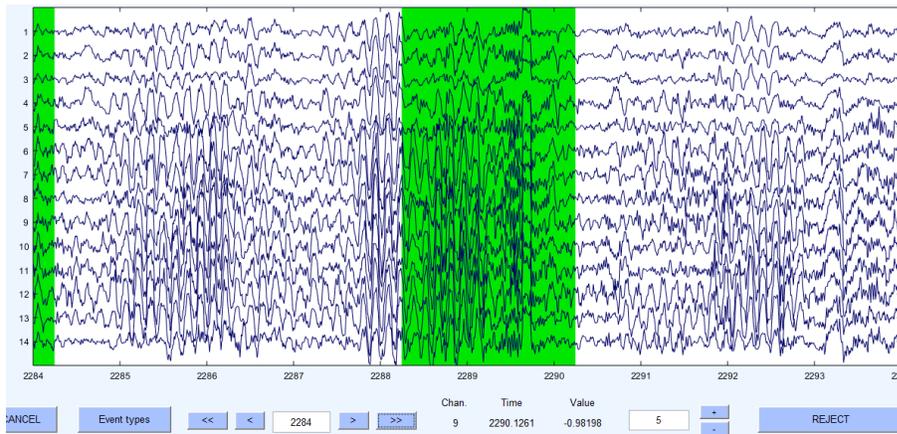


Figura 15. Rechazar automáticamente Ruido

A continuación, se muestran los resultados en las gráficas de la densidad espectral de potencia, donde se identifican las áreas más activas del cerebro al realizar el experimento (área roja). Se muestran los resultados del estudio de la densidad del espectro de potencia de la persona 1, 2 y 3 realizando el experimento en media hora en las figuras 16, 17 y 18 respectivamente. También se muestran los

resultados realizando el experimento en el período de una hora en las figuras 19, 20 y 21 respectivamente.

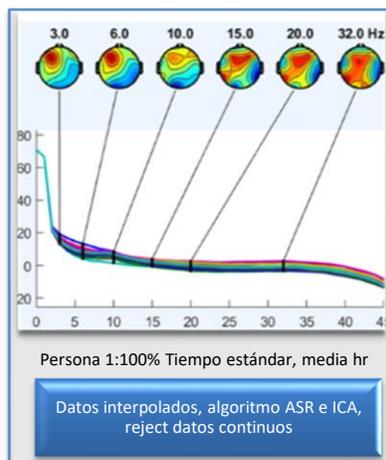
#4: EDF file

```

Filename: none
Channels per frame      14
Frames per epoch       224938
Epochs                 1
Events                 58
Sampling rate (Hz)     128
Epoch start (sec)     0.000
Epoch end (sec)       1757.320
Reference               unknown
Channel locations      Yes
ICA weights            Yes
Dataset size (Mb)     27.1
  
```

Persona 1

100% Tiempo estándar, media hr



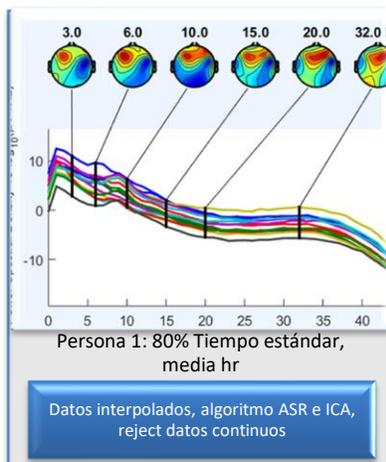
#4: EDF file

```

Filename: none
Channels per frame      14
Frames per epoch       162048
Epochs                 1
Events                 1
Sampling rate (Hz)     128
Epoch start (sec)     0.000
Epoch end (sec)       1265.992
Reference               unknown
Channel locations      Yes
ICA weights            Yes
Dataset size (Mb)     19.7
  
```

Persona 1: 80% Tiempo estándar, media hr

Datos interpolados, algoritmo ASR e ICA, reject datos continuos



#4: EDF file

```

Filename: none
Channels per frame      14
Frames per epoch       70573
Epochs                 1
Events                 45
Sampling rate (Hz)     128
Epoch start (sec)     0.000
Epoch end (sec)       551.345
Reference               unknown
Channel locations      Yes
ICA weights            No
Dataset size (Mb)     4.7
  
```

Persona 1: 70% Tiempo estándar, media hr

Datos interpolados, algoritmo ASR e ICA, reject datos continuos

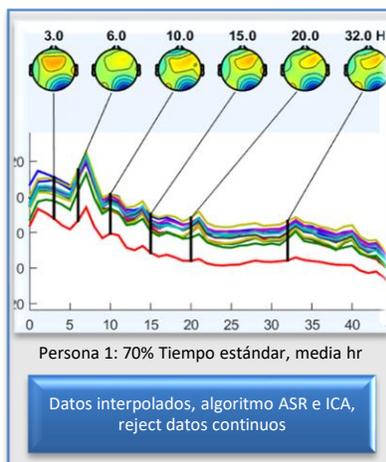


Figura 16. Persona 1, media hora.

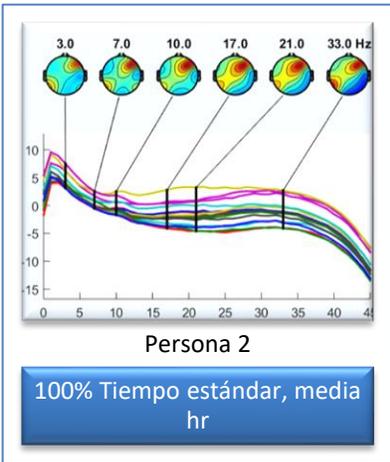
#2: EDF file

```

Filename: none
Channels per frame      14
Frames per epoch       246554
Epochs                 1
Events                 84
Sampling rate (Hz)     128
Epoch start (sec)     0.000
Epoch end (sec)       1926.199
Reference               unknown
Channel locations      Yes
ICA weights            No
Dataset size (Mb)      15.9
  
```

Persona 2

100% Tiempo estándar, media hr



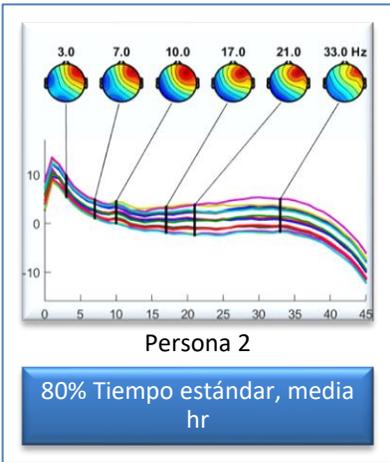
#2: EDF file

```

Filename: none
Channels per frame      14
Frames per epoch       146436
Epochs                 1
Events                 47
Sampling rate (Hz)     128
Epoch start (sec)     0.000
Epoch end (sec)       1144.027
Reference               unknown
Channel locations      Yes
ICA weights            No
Dataset size (Mb)      9.4
  
```

Persona 2

80% Tiempo estándar, media hr



#2: EDF file

```

Filename: none
Channels per frame      14
Frames per epoch       157691
Epochs                 1
Events                 52
Sampling rate (Hz)     128
Epoch start (sec)     0.000
Epoch end (sec)       1231.957
Reference               unknown
Channel locations      Yes
ICA weights            No
Dataset size (Mb)      10.2
  
```

Persona 2

70% Tiempo estándar, media hr

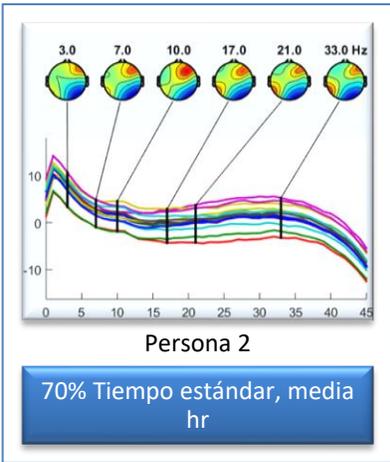


Figura 17. Persona 2, media hora

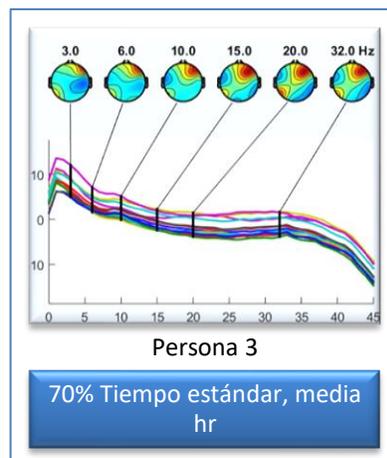
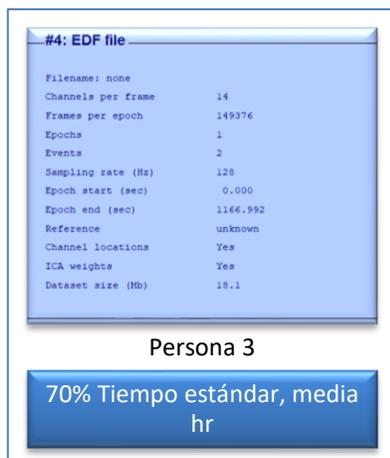
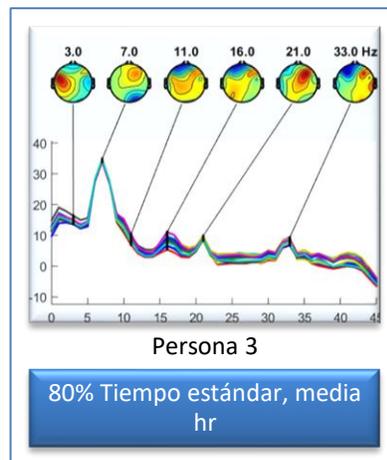
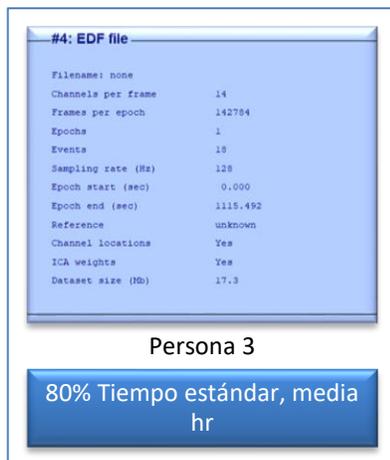
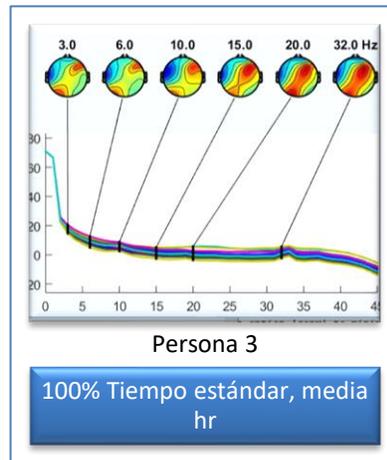
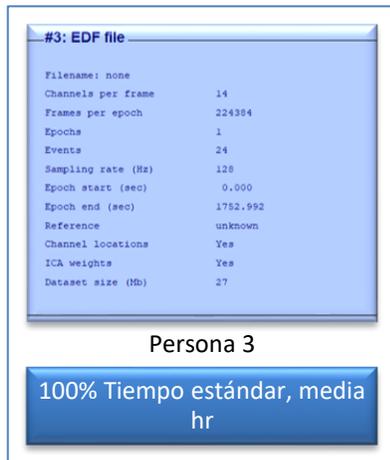


Figura 18. Persona 3, media hora

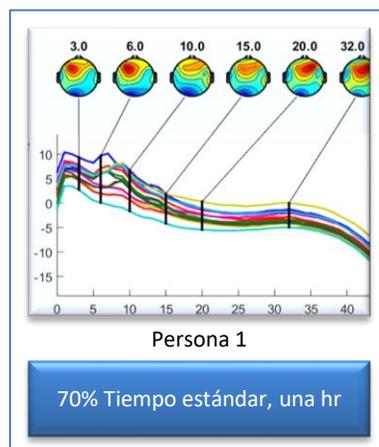
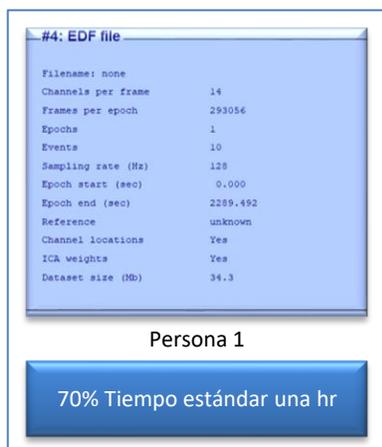
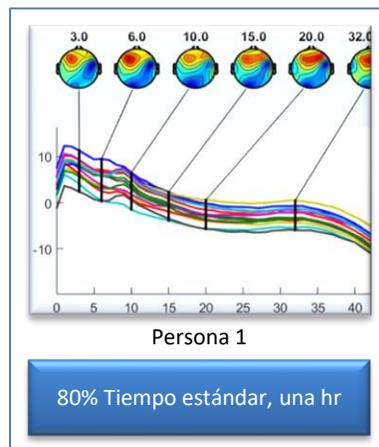
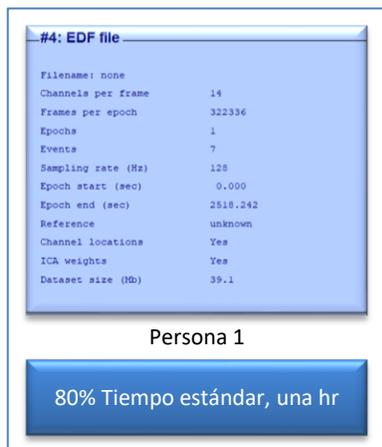
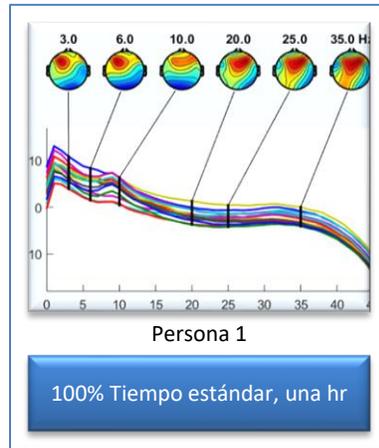
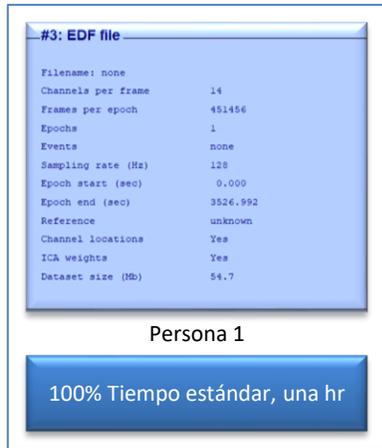


Figura 19. Persona 1, una hora

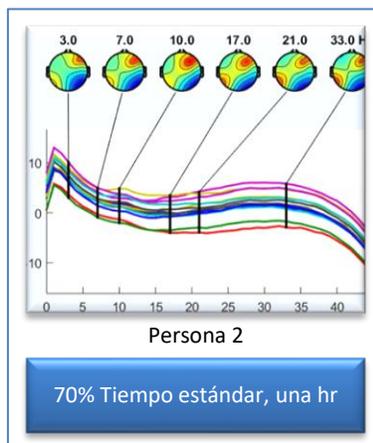
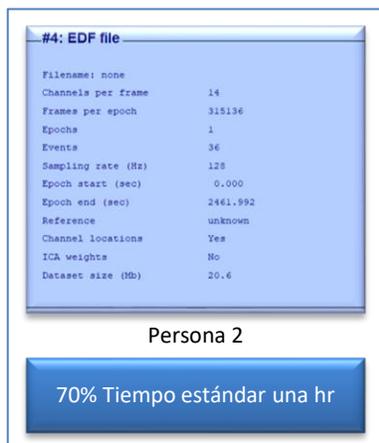
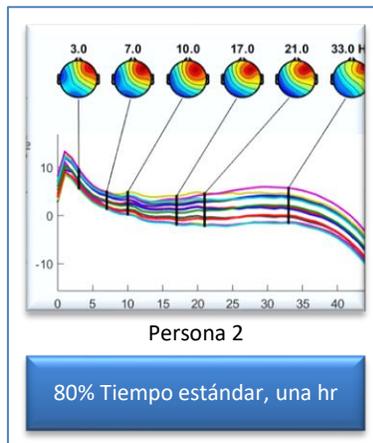
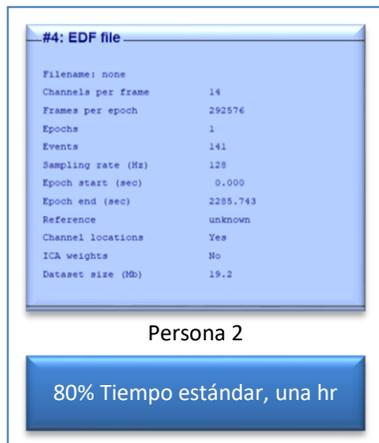
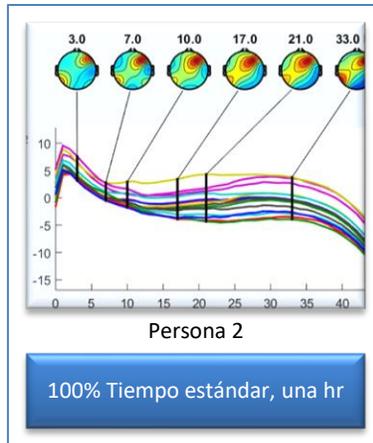
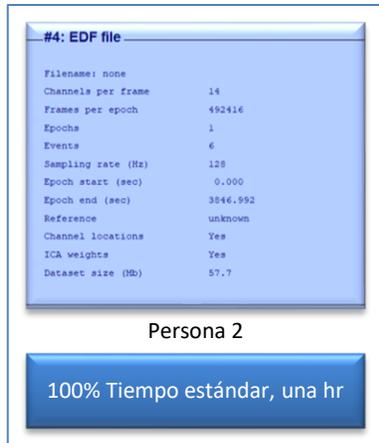


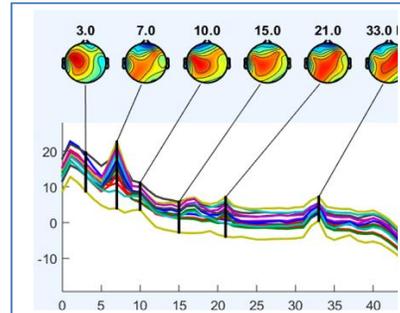
Figura 20. Persona 2, una hora

#4: EDF file

Filename:	none
Channels per frame	14
Frames per epoch	391779
Epochs	1
Events	152
Sampling rate (Hz)	128
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	3060.767
Reference	unknown
Channel locations	Yes
ICA weights	Yes
Dataset size (Mb)	47.6

Persona 3

100% Tiempo estándar, una hr



Persona 3

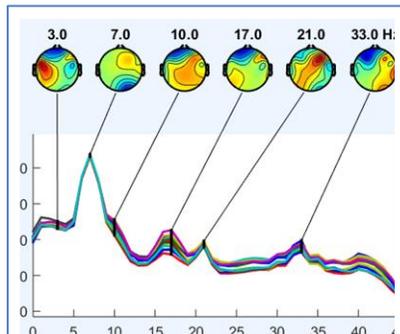
100% Tiempo estándar, una hr

#4: EDF file

Filename:	none
Channels per frame	14
Frames per epoch	279328
Epochs	1
Events	48
Sampling rate (Hz)	128
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	2182.243
Reference	unknown
Channel locations	Yes
ICA weights	Yes
Dataset size (Mb)	33.9

Persona 3

80% Tiempo estándar, una hr



Persona 3

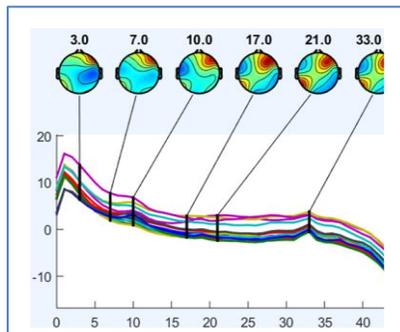
80% Tiempo estándar, una hr

#4: EDF file

Filename:	none
Channels per frame	14
Frames per epoch	296585
Epochs	1
Events	7
Sampling rate (Hz)	128
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	2317.063
Reference	unknown
Channel locations	Yes
ICA weights	Yes
Dataset size (Mb)	34.8

Persona 3

70% Tiempo estándar, una hr



Persona 3

70% Tiempo estándar, una hr

Figura 21. Persona 3, una hora

The power (amplitude intensity) in units of $\mu V^2/Hz$ associated with each channel and with the different brainwaves was calculated for every one of participants in the experiment using eeglab from the power spectrum density displayed in the figures previous, some numeric data is presented in the following Table 3.

La potencia en unidades de $\mu V^2/Hz$ asociada con cada canal y con cada onda cerebral fue calculada para cada uno de los participantes en el experimento. Se presenta una muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Potencia en Unidades $\mu V^2/Hz$

BEHAVIOR OF THE BRAIN WAVES IN THE EXPERIMENT OF ASSEMBLY OF A PRODUCT								
PEOPLE	STANDAR TIME	NAME CHANNELS	DELTA HR	TETA HR	ALFA HR	LOW BETA HR	HIGH BETA HR	GAMMA HR
PERSON 1	100%	AF3	8.74419	4.415199	3.05497	1.294248	0.716132	0.465285
PERSON 1	100%	F7	6.67484	3.857197	2.640556	1.190992	0.599358	0.360009
PERSON 1	100%	F3	14.1616	6.864693	4.090761	1.750407	0.982488	0.673564
PERSON 1	100%	FC5	6.47249	3.682849	2.408036	1.124579	0.584525	0.358519
PERSON 1	100%	T7	5.58855	3.848142	2.670341	1.390188	0.690017	0.406387
PERSON 1	100%	P7	5.84529	2.128217	1.52236	0.928781	0.658787	0.495599
PERSON 1	100%	O1	3.28579	1.488323	1.1286	0.786989	0.676961	0.606306
PERSON 2	100%	AF3	2.78367	1.22672	0.925622	0.768666	0.858846	0.665888
PERSON 2	100%	F7	2.59487	1.128375	0.760031	0.624789	0.672089	0.628876
PERSON 2	100%	F3	2.6648	1.180118	0.899401	0.780247	0.899406	0.705393
PERSON 2	100%	FC5	2.57424	1.120594	0.770558	0.660318	0.738845	0.682788
PERSON 2	100%	T7	3.00844	1.235569	0.782232	0.696782	0.800774	0.841063
PERSON 2	100%	P7	5.03708	1.921697	1.168941	1.149688	1.504855	1.691621
PERSON 2	100%	O1	2.96599	1.144447	0.732976	0.560506	0.490679	0.395054
PERSON 3	100%	AF3	60.6196	12.27174	3.554755	1.465862	1.02505	0.697237
PERSON 3	100%	F7	41.6238	16.60614	3.650214	1.432567	0.962104	0.649293
PERSON 3	100%	F3	103.355	17.7272	5.22038	1.808874	1.274939	0.871287
PERSON 3	100%	FC5	104.874	72.47786	11.99303	4.220902	2.829769	1.695603
PERSON 3	100%	T7	10.2425	2.651716	1.926674	0.587952	0.454995	0.377966
PERSON 3	100%	P7	43.65	51.61924	6.240422	2.162938	1.899778	1.1904
PERSON 3	100%	O1	37.5178	43.8445	5.495988	2.199291	2.923369	1.817446

Para mostrar si hay diferencias significantes en el comportamiento de las ondas cerebrales (intensidad) en las personas que desarrollaron el experimento, se probaron las siguientes hipótesis: H0: el tiempo estándar no tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales.H1: el tiempo estándar tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales.

H0: el tiempo estándar dentro de cada persona no tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales, H1: el tiempo estándar dentro de cada persona tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales. Se utilizó el software minitab para el análisis estadístico. Para verificar las hipótesis se realizó un diseño anidado ANOVA, los canales se utilizaron como bloques, ver tabla 4. También se realizó la prueba de normalidad de los residuales en cada onda cerebral, en los casos en que los datos no fueron normales (delta, theta, Alpha) se utilizó la transformación de rangos para obtener su normalidad. Se muestran las pruebas de normalidad de low beta y high beta en las siguientes figuras:

Tabla 4. ANOVA, Diseño Anidado

General Linear Model: HIGH BETA versus NAME CHANNELS, PEOPLE, STANDAR

Method

Factor coding (-1, 0, +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
CHANNELS NAME	Fixed	14	AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, O1, O2, P7, P8, T7, T8
PEOPLE (STANDAR)	Fixed	9	DIANA(104 SEG), EVER(104 SEG), FELIX(104 SEG), DIANA(130 SEG), EVER(130 SEG), FELIX(130 SEG), DIANA(91 SEG), EVER(91 SEG), FELIX(91 SEG)
ESTANDAR	Fixed	3	104 SEG, 130 SEG, 91 SEG

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
CHANNELS NAME	13	21.91	1.6854	6.82	0.000
STANDAR	2	36.04	18.0209	72.94	0.000
PEOPLE (STANDAR)	6	127.03	21.1723	85.69	0.000
Error	104	25.70	0.2471		
Total	125	210.68			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.497064	87.80%	85.34%	82.10%

With a p-value of 0.000 we have significant evidence to show that the standard times have an effect on the mean intensity of brainwaves Delta, Theta, Alfa, Low Beta, High Beta and Gamma. Also, with a p-value of 0.000 we have enough evidence to show that the standard time within each person have an effect on the mean intensity of brain waves Delta, Theta, Alfa, Low Beta, High Beta and Gamma.

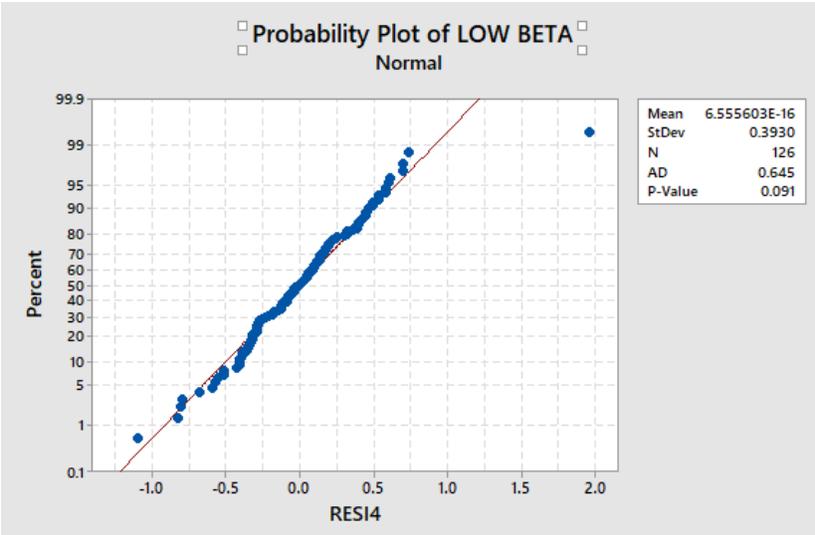


Fig.22. prueba de normalidad Low Beta

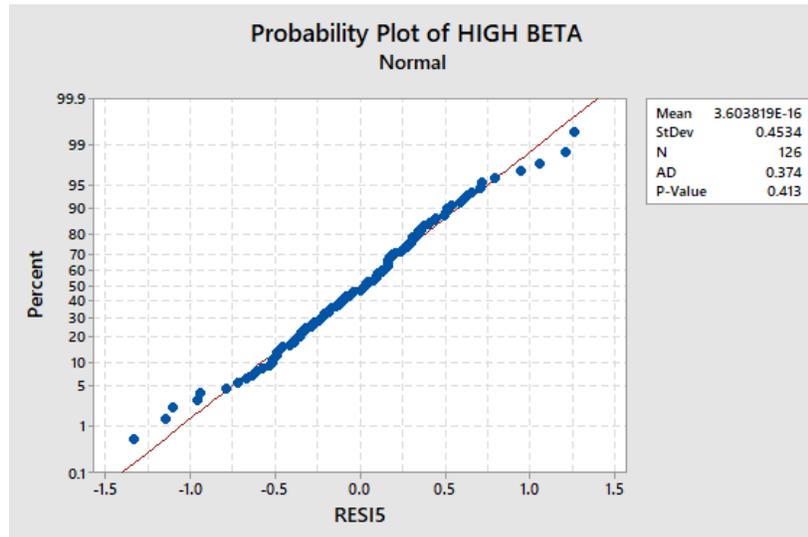


Fig. 23. Prueba de normalidad High Beta

Tabla 5. Prueba de Normalidad de las Ondas Cerebrales

BrainWaves	Delta	Theta	Alfa	Low Beta	High Beta	Gamma
p-value	0.234	0.053	0.337	0.091	0.413	0.367

A Fisher test was done in order to identify the individual difference between all the means of the brainwaves intensity at different standard time, also to show if there are differences in the average of the brainwaves intensity at different standard time within each person, it also showed where the difference exist. The results for the Fisher test corresponding to the High Beta brainwave are presented in table 6. The other results for the other brainwaves are presented in table 7.

Tabla 6. Prueba Fisher de la Onda Cerebral High Beta

Fisher Pairwise Comparisons: Response = HIGH BETA, Term = STANDAR

Grouping Information Using Fisher LSD Method and 95% Confidence

ESTANDAR	N	Mean	Grouping
104 SEC	42	2.17460	A
130 SEC	42	1.13797	B
91 SEC	42	0.96256	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher Pairwise Comparisons: Response = HIGH BETA, Term = PEOPLE(STANDAR)

Grouping Information Using Fisher LSD Method and 95% Confidence

PERSON	(STANDAR)	N	Mean	Grouping
PERSON THREE	(104 SEG)	14	4.46469	A
PERSON THREE	(130 SEG)	14	1.78480	B
PERSON TWO	(104 SEG)	14	1.42308	B C
PERSON TWO	(91 SEG)	14	1.29845	C D
PERSON THREE	(91 SEG)	14	0.99549	D E
PERSON TWO	(130 SEG)	14	0.91430	E F
PERSON ONE	(130 SEG)	14	0.71481	E F
PERSON ONE	(104 SEG)	14	0.63604	E F
PERSON ONE	(91 SEG)	14	0.59375	F

Means that do not share a letter are significantly different.

Tabla 7. Comparación entre la Media de la Intensidad contra el Tiempo Estándar y entre las Tres Personas

BRAIN WAVE	STANDARD TIME IN SECONDS			PERSON ONE			PERSON TWO			PERSON THREE		
	130	104	91	130	104	91	130	104	91	130	104	91
DELTA	B	A	B	C	C	D	E	B	C	A	A	B
THETA	B	A	B	C	C	C	E	D	D	B	A	C
ALPHA	B	A	C	C	C	C	F	D/E	E	B	A	C/D
LOW BETA	B	A	C	C	C	C	D	C	C	B	A	C
HIGH BETA	B	A	B	E/F	E/F	F	E/F	B/C	C/D	B	A	D/E
GAMMA	B	A	B	D	D	D	C	B	B	B	A	C

Conclusiones

En este estudio se trabajó con tres diferentes tiempos estándar, con el propósito de incrementar la carga de trabajo mental en las personas

que realizaron el experimento durante el ensamble manual de un producto con legos. Para mostrar si existen diferencias en las ondas cerebrales mientras se trabaja con tres tiempos estándar, se probaron las siguientes hipótesis: H0: el tiempo estándar no tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales. H1: el tiempo estándar tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales.

H0: el tiempo estándar dentro de cada persona no tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales, H1: el tiempo estándar dentro de cada persona tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales. El análisis estadístico mostro que ambas hipótesis son válidas y estadísticamente tenemos suficiente evidencia para decir que el tiempo estándar tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales y también tenemos suficiente evidencia para decir que el tiempo estándar dentro de cada persona tiene un efecto en la intensidad media de las ondas cerebrales.

En la prueba Fisher se identifican las diferencias en cada onda cerebral de cada tiempo estándar y en cada persona. En el resultado se observa que la persona 1 no presenta diferencias entre los tres tiempos estándar, excepto en la onda Delta presenta una diferencia en el tiempo estándar de 91 seg; la persona 3 presentó diferencias en los tres tiempos estándar y en todas las ondas cerebrales, excepto en la onda Delta y el tiempo estándar de 91 seg; finalmente la persona 2 presento diferencias en la onda Delta y los tres tiempos estándar y en moderadas diferencias en las demás ondas cerebrales.

También. Los mapas topográficos nos muestran las regiones cerebrales que presentan más alta intensidad (rojo) en cada una de las personas que realizaron el experimento.

Análisis Estadístico para Probar si Existen Diferencias en las Ondas Cerebrales al Trabajar Media Hry Una Hr.

Aunque se ha venido incrementando la automatización de los procesos en la Industria Manufacturera, aún existen muchos procesos que requieren que los trabajadores realicen tareas manualmente y algunas de éstas se hacen repetitivamente durante todo el turno de trabajo. En esta investigación se realizó el ensamble manual de un producto con

legos en media y una hr. de trabajo para evaluar si existen cambios en el comportamiento de las ondas cerebrales. El estudio se realizó en tres personas y se emplearon diferentes tiempos estándares al realizar el ensamble del producto. Se simulo una línea de producción en tres estaciones de trabajo para el ensamble de un carro con legos de 122 piezas pequeñas. El experimento sólo fue desarrollado en la primera estación, tuvo una duración de tres hrs donde la persona realizó 75 ensambles. La primera hora se trabajó al 100 % del tiempo estándar, la segunda al 80% y la tercera al 70%. Se utilizó el aparato inalámbrico Emotiv Epoc para medir el electroencefalograma (EEG) y el software Emotiv Pro para la grabación de las ondas durante el experimento, para el análisis de los datos se utilizó el software eeglab que es una herramienta de Matlab.

En este estudio se pretende investigar si existen diferencias en el comportamiento de las ondas cerebrales al realizar media hora de trabajo contra una hora de trabajo en la misma persona.

Análisis estadístico de las señales cerebrales.

Para poder determinar si existen diferencias en el comportamiento de las ondas cerebrales en la persona que realizó el ensamble del producto con legos en los diferentes tiempos de trabajo (media y una hr.). Se realizó una prueba de normalidad en las diferencias de la potencia en los tiempos de 30 y 60 minutos media y una hora de ensamble, en cada onda cerebral. Se muestran 3 pruebas de distribución normal de la onda Delta de la persona 3 en la figura 4, 5 y 6 respectivamente se muestra al 100, 80 y 70% del tiempo estándar.

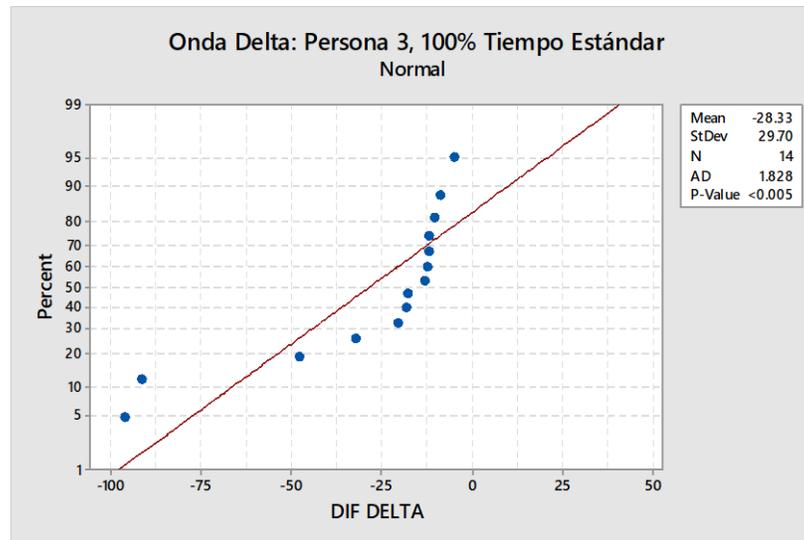


Figura 4. Prueba de Normalidad al 100% del Tiempo Estándar de la Onda Delta

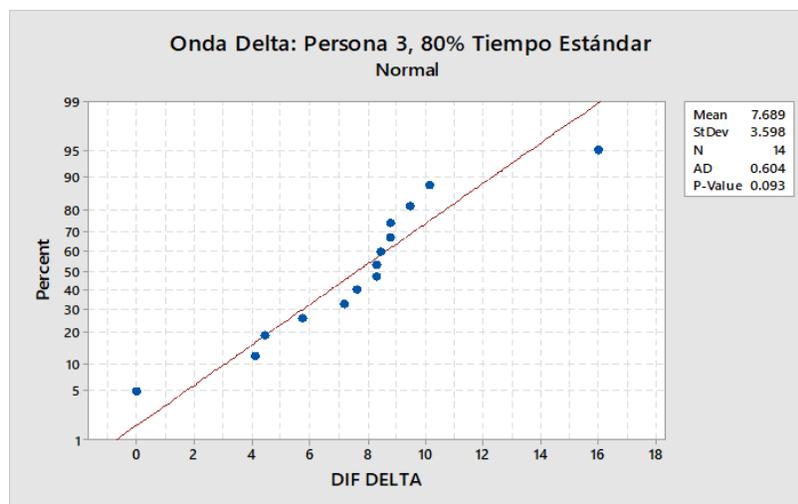


Figura 5. Prueba de Normalidad al 80% del Tiempo Estándar de la Onda Delta

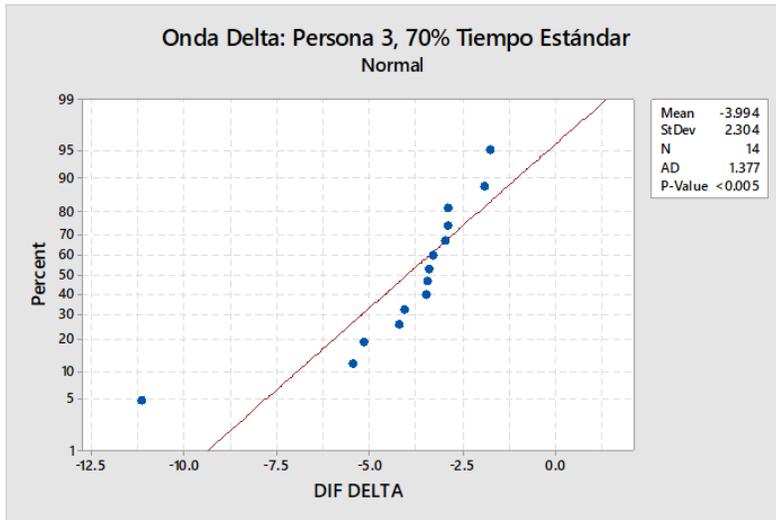


Figura 6. Prueba de Normalidad al 70% del Tiempo Estándar de la Onda Delta

En los casos en que los datos de la diferencia de la potencia 30 y 60 minutos. no tenían un comportamiento normal se realizó la prueba no paramétrica de rangos Wilcoxon para probar la hipótesis nula: todas las medianas son iguales contra la alternativa: por lo menos una mediana es diferente. Cuando los datos presentaban un comportamiento normal se realizó una prueba T pareada para probar la hipótesis nula: todas las medias son iguales contra la alternativa: por lo menos una media es diferente. En la tabla 2, se muestra la prueba Wilcoxon de la persona 3 al 100% del tiempo estándar, en la tabla 3, se muestra la prueba T pareada de la persona 3 al 80% del tiempo estándar. en la tabla 4, se muestra la prueba T pareada de la persona 3 al 70% del tiempo estándar.

Tabla 2. Prueba Wilcoxon: DIF DELTA: Persona 3, 100% Tiempo Estándar

Test of median = 0.000000 versus median \neq 0.000000					
N for	Wilcoxon	Estimated			
N	Test	Statistic	P	Median	
DIF DELTA	14	14	0.0	0.001	-18.55

En dónde tenemos como resultado un p-value de 0.001, por lo tanto; tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.

Tabla 3. Prueba T Pareada DIF DELTA: Persona 3, 80% Tiempo Estándar

N	Mean	StDev	SE Mean	
Difference	14	7.689	3.598	0.962
95% CI for mean difference: (5.612, 9.766)				
T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = 8.00 P-Value = 0.000				

En dónde tenemos se presenta como resultado un p-value de 0.000, por lo que se puede concluir que se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.

Tabla 4. Prueba Wilcoxon: DIF DELTA: Persona 3, 70% Tiempo Estándar

Test of median = 0.000000 versus median \neq 0.000000					
N for	Wilcoxon	Estimated			
N	Test	Statistic	P	Median	
DIF DELTA	14	14	0.0	0.001	-3.502

En esta tabla se puede observar como resultado un p-value de 0.001, por lo que se presenta suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.

A continuación, se presenta una síntesis de los resultados del análisis estadístico realizado para determinar si existen diferencias en las ondas cerebrales (Delta, Teta, Alfa, Low Beta, High Beta y Gamma) en la misma persona al realizar media hr de trabajo contra una hr de trabajo. Se muestran los resultados en las tablas 5, 6 y 7.

Resultados

Cuando los datos no tenían un comportamiento normal se realizó la prueba no paramétrica de rangos Wilcoxon para probar la hipótesis nula: todas las medianas son iguales contra la alternativa: por lo menos una mediana es diferente. Cuando los datos presentaban un comportamiento normal se realizó una prueba T pareada para probar la hipótesis nula: las medias son iguales contra la alternativa: por lo menos una media es diferente.

Tabla 5. Resultados del Análisis Estadístico de las Ondas Cerebrales de la Persona 1.

PERSONA 1 (MUJER) ONDAS CEREBRALES			
Tiempo Estándar	DELTA	TETA	ALFA
	Conclusión	Conclusión	Conclusión
100%	La prueba de normalidad da un p-value 0.032, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.017 la prueba de Wilcoxon 0.001; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.898, la prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente
80%	La prueba de normalidad da un p-value 0.563, la prueba T-student da un p-value 0.442; por lo tanto, no tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.673, la prueba T-student da un p-value 0.414; por lo tanto, no tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.432, la prueba T-student da un p-value 0.047; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.
70%	La prueba de normalidad da un p-value 0.091, la prueba T-student da un p-value 0.000; tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.007, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.558, la prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.
Tiempo Estándar	LOW BETA	HIGH BETA	GAMMA
	Conclusión	Conclusión	Conclusión
100%	La prueba de normalidad da un p-value 0.299, la	La prueba de normalidad da un p-value 0.027, la prueba	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la

	prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	de Wilcoxon da un p-value 0.001, por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001, por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.
80%	La prueba de normalidad da un p-value 0.032, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.167, por lo tanto, no tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.024, por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.149; por lo tanto, no tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.
70%	La prueba de normalidad da un p-value 0.489, la prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.942, la prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.884, la prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.

En el análisis de la persona 1, obtenemos un p-value menor de 0.05 en la mayoría de los datos, por lo tanto, concluimos que si hay diferencia en el comportamiento de las ondas cerebrales al realizar el estudio en diferentes tiempos estándar

Tabla 6. Resultados del Análisis Estadístico de las Ondas Cerebrales de la Persona 2.

PERSONA 2 (HOMBRE) ONDAS CEREBRALES			
Tiempo Estándar	DELTA	TETA	ALFA
	Conclusión	Conclusión	Conclusión
100%	La prueba de normalidad da un p-value 0.009, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.069; por lo tanto, no tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.299, la prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.149; por lo tanto, no tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.
80%	La prueba de normalidad da un p-value 0.142, la prueba T-student da un p-value; 0.008 por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.039, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.419, por lo tanto, no tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.006, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001, por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.
70%	La prueba de normalidad da un p-value 0.035, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001, por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.241, la prueba T-student da un p-value 0.419; por lo tanto, no tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.039, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.020; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.
Tiempo Estándar	LOW BETA	HIGH BETA	GAMMA
	Conclusión	Conclusión	Conclusión

100%	La prueba de normalidad , un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.010, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.
80%	La prueba de normalidad da un p-value 0.138, la prueba T-student da un p-value 0.002; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.320, la prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.173, la prueba T-student da un p-value 0.000; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.
70%	La prueba de normalidad da un p-value 0.017, la de Wilcoxon un p-value 0.001, por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para concluir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001, por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.012, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001, por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.

En el análisis de la persona 2, obtenemos un p-value menor de 0.05 en la mayoría de los datos, por lo tanto, se concluye que existe diferencia en el comportamiento de las ondas cerebrales al realizar el estudio en diferentes tiempos estándar.

Tabla 7. Resultados del Análisis Estadístico de las Ondas Cerebrales de la Persona 3.

PERSONA 3 (HOMBRE) ONDAS CEREBRALES			
Tiempo Estándar	DELTA	TETA	ALFA
	Conclusión	Conclusión	Conclusión
100%	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la de Wilcoxon un p-value 0.001; por lo tanto, se cuenta con suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.052, la prueba T-student da un p-value 0.001; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon un p-value 0.001; por lo tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.
80%	La prueba de normalidad un p-value 0.093, la T-student un p-value; 0.000 por lo tanto, se cuenta con suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad p-value 0.070, la de T-student un p-value 0.000; por lo tanto, se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad un p-value 0.251, la T-student p-value 0.000; por lo tanto, se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.
70%	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la de Wilcoxon un p-value 0.001, por lo tanto, Se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad un p-value 0.005, la de Wilcoxon p-value 0.001, por lo tanto, se presenta suficiente evidencia para concluir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad con un p-value 0.050, T-student un p-value 0.000; por lo tanto, se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.
Tiempo Estándar	LOW BETA	HIGH BETA	GAMMA
	Conclusión	Conclusión	Conclusión
100%	La prueba de normalidad p-value 0.005, la de Wilcoxon un p-value 0.001; por lo tanto,	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001; por lo	La prueba de normalidad da un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001; por lo tanto,

	tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	tanto, tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	tenemos suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.
80%	La prueba de normalidad un p-value 0.634, la prueba T-student un p-value 0.024; por lo tanto, se presenta suficiente evidencia para concluir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad, p-value 0.384, la T-student p-value 0.000; por lo tanto, se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.	La prueba de normalidad p-value 0.723, la T-student p-value 0.000; por lo tanto, se cuenta con suficiente evidencia para decir que por lo menos una media es diferente.
70%	La prueba de normalidad con un p-value 0.024, la de Wilcoxon p-value 0.001, por lo tanto, se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad con un p-value 0.005, la de Wilcoxon p-value 0.001, por lo tanto, se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.	La prueba de normalidad con un p-value 0.005, la prueba de Wilcoxon da un p-value 0.001, por lo tanto, se tiene suficiente evidencia para decir que por lo menos una mediana es diferente.

En el análisis de la persona 3, obtenemos un p-value menor de 0.05 en un 100% de los datos, por lo tanto, se concluye que si hay diferencia en el comportamiento de las ondas cerebrales al realizar el estudio en diferentes tiempos estándar

Conclusión general: Se realizó esta investigación para determinar si existen diferencias en el comportamiento de las ondas cerebrales en 30 y 60 minutos de trabajo. Se planteo la H_0 : El comportamiento de las medias de las ondas cerebrales es igual en treinta y una sesenta minutos de trabajo contra la H_1 : Por lo menos una media de las ondas cerebrales es diferente en treinta minutos y una en sesenta minutos de trabajo. Los resultados estadísticos de este estudio muestran que si

existen diferencias en las medias de las ondas cerebrales Delta, Teta, Alfa, Low Beta, High Beta y Gamma al trabajar treinta y sesenta minutos en elaborar el ensamble de la estación uno en los diferentes tiempos estándar 100, 80 y 70%.

BIBLIOGRAFÍA

ANÁLISIS DE SEÑALES ENCEFALOGRÁFICAS DE JUGADORES DE VIDEOJUEGOS 2015 *Congreso Internacional de Investigación Tijuana*. 453-59

Estrada Rodriguez, R. S. (2015). EFECTOS DE LOS SONIDO DE ENTORNO SOBRE LOS NIVELES COGNITIVOS CEREBRALES. *TESIS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA* .

Fernandez Garcia Ricardo. (2010). La Productividad y el Riesgo Psicosocial o Derivado de la Organizacion del Trabajo.

Hassan Zarei Matin, Hamid Reza Razavi, Saeid Emamgholizadeh. (2014). Is Stress Mangement Related to Workforce Productivity? *Iranian Journal of Mangement Studies (IJMS)* , 1-19.

Hee Seo, T. L. (2010). Stress and EEG. *Convergence and Hybrid Information Technologies* , 413-426.

Henríquez, M. C. (2014). *Tesis: Estudio de Técnicas de Análisis y Clasificación de señales EGG con el Contexto de Sistemas BCI (Brain Computer Interface)*. Escuela Politécnica Superior. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

<https://www.emotiv.com/emotivpro/>. (n.d.). EmotivPRO.

<https://www.emotiv.com/insight/>. (n.d.). Emotiv Insight.

James A. Coan, John J. B. Allen, and Eddie Harmon-JOnes. (2001). Voluntary Facial Expression and Hemispheric Asymmetry Over the Frontal Cortex. (C. 2001, Ed.) *Psychophysiology* , 38, 912-925.

Jordan Ortega Rodriguez, Alejandro Pacheco Cano. (2015). Tesis: Puesta a Punto de Sistema de Electroencefalografia Portatil. (U. d. Laguna, Ed.)

Kosch T., F. M. (2018). Identifying Cognitive Assistance with Mobile Electroencephalography: A Case Study with In-Situ Projections for Manual Assembly. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* , 11-11:20.

Lee, S. H.-S.-T. (2010). Stress and EGG. *Coverge and Hybrid Information Technologies* , 413-426.

M. Haak, S. Bos, S. Panic, L.J.M. Rothkrantz. (n.d.). Detecting Stress Using Eye Blinks and Brain Activity from EEG Signals. *Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computerscience Delft University of Technology Faculty of Applied Sciences Netherlands Defense Academy* .

Maria Angeles del Hoyo Delgado. (2004). Estres Laboral. (I. N. Trabajo, Ed.) *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* .

Mijovic P., K. V. (2016). Benefits of Instructed Responding in Manual Assembly Tasks: An ERP Approach. *Frontiers in Human Neuroscience* , 1-13.

Nicholas A. Badcock, Petroula Mousikou, Yatin Mahajan, Peter de Lissa, Johnson Thie, Genevieve McArthur. (2013, February 19). Validation of the Emotiv EPOC EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs.

https://peerj.com/articles/38/?utm_source=blog&utm_medium=web&ut..

Renard, F, L., V, D., A, L., G, G., E, M., et al. (2010, February). OpenViBE: An Open-Source Software Platform to Design, Test and Use Brain-Computer Interfaces in Real and Virtual Environments. *Presence Teleoperators & Virtual Environments* .

Sebastian Monge Lay, Diego Aracena Pizarro. (2015). Control de Movimiento Robotico con Deteccion Cognitiva y Facial Mediante Emotiv EEG. *Ingeniare. Revista chilena de Ingenieria* , 23, 496-504.

Sih G., T. K. (2012). Sustainable reliability of brain rhythms modeled as sinusoidal waves. (Elsevier, Ed.) *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* (61), 21-32.

Spallek M. et. al, 2. (2010). Work-related musculoskeletal disorders in the automotive industry due to repetitive work -implications for rehabilitation. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* , 1-6.

Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review* , 2.

Toth, V. (2015). Measurement id Stress Intensity Using EEG. (B. U. Economics, Ed.) *Tesis* .

Zarai Hassan Matin, H. R. (2014). Is S tress Management Related to Workforce Productivity? *Iranian Journal of Management Studies (IJMS)* , 7, 1-19.

Cao T., Wan F., Man Chi., Nuno J. y Hu Y. (2014), "Objective Evaluation of Fatigue by EEG Spectral Analysis in Steady-State Visual Evoked Potential-Based Brain-Computer Interfaces", <http://biomedical-engineering-online.com/content/13/1/28>, Biomedical Engineering Online 1-13.

Hancock P. and Desmond P. (2001), "Stress, Workload, and Fatigue", Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Mahwah, NJ, ISBN 0-8058-3178-9.

Lazarus R. and Folkman S. (1984), "Stress, Appraisal, and Coping", Springer Publishing Company, Inc. New York, NY, ISBN 0-8261-4191-9.

Luna Castro G., Salas Farias M. (2011), "Tesis Mediciones Electroencefalograficas". Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Guayaquil, Ecuador.

Melbourne V. (2009), "Stress: Definition and History", The Mental Health Research Institute of Victoria, Melbourne, VIC, Australia, Elsevier Ltd. All rights reserved. 549-555.

Moreno O. (2012), "Tesis: Causas, Impacto del Estrés Sobre la Salud y Desempeño. Propuesta de Atenuación en Trabajadores de una Institución Bancaria" <http://www.enmh.ipn.mx/PosgradoInvestigacion/Documents/tesismsosh/gabrielamoreooliva.pdf>

Nicolas R., Jutta M., Enrique F. y Clemens K. (2006), "The psychosocial stress-induced increase in salivary alpha-amylase is independent of saliva flow rate". Society for Psychophysiological Research, Blackwell Publishing Inc. (43) 645-652.

Seguin F. Research Centre (2007), "How to Measure Stress in Humans". Centre for Studies on Human Stress, Louis-H Lafontaine Hospital, Quebec Canada. 1-39.

Kotsos T. (30 Julio 2008), "Las Ondas Cerebrales y los Estados de la Mente", Web SelfGrowth, www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_brain69.htm, 1-3.

Ssang-Hee Seo and Jung-Tae Lee (2010). Stress and EGG. *Coverge and Hybrid Information Technologies* ,INTECH, 413-426.

C.N.N.T., M. A. (2004). Estres Laboral. (I. N. Trabajo, Ed.) *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* .

Hassan Zarei Matin, Hamid Reza Razavi, Saeid Emamgholizadeh. (2014). Is Stress Mangement Related to Workforce Productivity? *Iranian Journal of Mangement Studies (IJMS)* , 1-19.

(<http://www.informador.com.mx/economia/2015/592544/6/mexico-primer-lugar-en-estres-laboral-oms.htm>).

(<http://www.estreslaboral.info/estres-laboral-en-mexico.html>).

Emotiv EPOC 2018, Brain Research & Education, <https://www.emotiv.com/neuroscience-research-education-solutions/>

