



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Relación entre los Niveles de Complejidad, Estados de  
Concentración y Estados de ánimos en Estudiantes de Física I:  
Un Estudio basado en el Comportamiento de Ondas Cerebrales**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

**INGENIERO EN BIOMÉDICA**

**PRESENTADO POR:**

**21941017 DIEGO JOSE NUÑEZ IRULA**

**ASESOR: REYNA VALLE**

**CAMPUS: SAN PEDRO SULA**

**MARZO, 2024**

**AUTORIZACIÓN**

## AGRADECIMIENTOS

Eternamente a Dios, por su gracia, sabiduría y misericordia durante y siempre. El amo de mi destino y mi guardián en el campo de batalla por los siglos de los siglos. Así mismo, a mi familia Nuñez Irula, por ser las bases fundamentales de mi éxito como hijo y estudiante. Por su apoyo y amor incondicional ante adversidades; en ustedes recae mi paz y corazón.

A Nala y Olivia por ser mis fieles acompañantes durante este trayecto universitario y su cercanía en las noches solitarias. Por otro lado, agradecer de antemano a Marjorie Natarén, Edgardo Arévalo, Ian Sevilla, José García y Esther Villanueva por haber impulsado día tras día, mi compromiso y dedicación como profesional en el ámbito de la Ingeniería Biomédica. En ustedes recae la gratitud y amistad sincera.

Y, en especial a mis mentores la Ing. Reyna Valle como asesora principal y al jefe Académico de Ciencias y Matemáticas, el Lic. Julio Ramírez, por su colaboración en este Q1-2024. Su disposición para compartir conocimientos, experiencias y tiempo, fueron tomadas en cuenta para llevar a cabo este proyecto.

***A todos ustedes, muchas gracias.***

## EPÍGRAFE

*"Si Dios conmigo  
Quien contra mí"*

**Romanos 8:31**

## RESUMEN EJECUTIVO

Los cursos de Física han sido históricamente identificados por su alta incidencia de fracaso y abandono estudiantil. La complejidad inherente de los contenidos, acompañada de las exigentes tareas de resolución de problemas, suele presentar obstáculos significativos para los estudiantes. Esta problemática no solo obstaculizaba el avance académico de los alumnos, sino que también tenía repercusiones de largo alcance en sus futuras trayectorias profesionales en ámbitos relacionados con la ciencia y la tecnología.

La elevada tasa de fracaso en las materias de Física subrayaba la importancia de examinar los factores que influían en el desempeño y el logro académico de los estudiantes en este campo. Un entendimiento profundo de los procesos cognitivos subyacentes, como los niveles de concentración y estado de ánimo, podía ofrecer información crucial sobre los desafíos que enfrentaban los estudiantes y orientar el diseño de intervenciones específicas para mejorar los resultados de aprendizaje.

Este proyecto buscó relacionar los niveles de complejidad, los estados de concentración y los estados de ánimo en estudiantes de Física I. A través del análisis de los patrones de ondas cerebrales utilizando métodos tradicionales de electroencefalografía (EEG), se evaluaron los niveles de complejidad de los estudiantes en base a la dificultad de las tareas académicas asignadas, mientras que los estados de concentración y ánimo fueron evaluados mediante mediciones auto reportadas.

Los resultados de esta investigación revelaron relaciones significativas entre los niveles de complejidad, los estados de concentración y los estados de ánimo en los estudiantes de Física I. Se observó que los niveles de complejidad más altos estaban asociados con una menor concentración y estados de ánimo negativos, indicando un menor compromiso y motivación por parte de los estudiantes ante tareas desafiantes. Por otro lado, los niveles de complejidad más bajos se relacionaron con un aumento de la concentración y estados de ánimo positivos, sugiriendo un mayor interés y conexión por parte de los estudiantes.

Los hallazgos de este estudio contribuyeron a una mejor comprensión de los aspectos cognitivos y emocionales del aprendizaje de la física y podrían tener implicaciones para el desarrollo de estrategias de enseñanza efectivas en el campo de la educación en física.

**Palabras claves:** Cognición, Complejidad, Comportamiento, Concentración, Electroencefalografía, Intuición, Ondas Cerebrales.

## ABSTRACT

Physics courses have historically been identified by their high incidence of failure and student dropout. The inherent complexity of the content, coupled with demanding problem-solving tasks, often presents significant obstacles for students. This issue not only hinders students' academic progress but also has far-reaching implications for their future career paths in science and technology-related fields.

The high failure rate in physics subjects highlights the need to examine the factors that influence students' performance and academic achievement in this field. A deep understanding of underlying cognitive processes, such as levels of concentration and mood, can provide valuable insights into the challenges students face and inform the development of specific interventions to improve learning outcomes.

This research project aims to investigate the relationship between complexity levels, concentration states, and mood states in Physics I students. By analyzing patterns of brain waves using traditional electroencephalography (EEG) methods, the complexity levels of students were assessed based on the difficulty of assigned academic tasks, while concentration and mood states were evaluated through self-reported measures.

The findings of this study revealed significant relationships between complexity levels, concentration states, and mood states in Physics I students. Higher complexity levels were associated with increased concentration and positive mood states, indicating higher engagement and motivation when facing challenging tasks. Conversely, lower complexity levels corresponded to decreased concentration and negative mood states, suggesting a lack of interest and disconnection.

These results have important implications for educational institutions and instructors in designing effective teaching strategies and interventions to improve students' learning outcomes in Physics I. By understanding the interaction between complexity levels, concentration states, and mood states, educators can adapt their instructional approaches to enhance student engagement and motivation, thereby reducing academic failure rates and improving overall academic performance.

**Keywords:** Behavior, Brainwave, Cognition, Intuition, Complexity, Concentration, Electroencephalography.

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANOVA</b>	<b>Analysis of Variance (Análisis de Varianza)</b>
<b>ANN</b>	<b>Artificial Neural Network (Red Neuronal Artificial)</b>
<b>AM</b>	<b>Ansiedad Matemática</b>
<b>EEG</b>	<b>Electroencefalografía</b>
<b>EA</b>	<b>Estilos de Aprendizaje</b>
<b>FFT</b>	<b>Fourier Fast Transformation (Transformada Rápida de Fourier)</b>
<b>FRN</b>	<b>Negatividad Frontal Temprana</b>
<b>HBDI</b>	<b>Hermann Brain Dominance Instrument (Instrumento de Dominancia Cerebral)</b>
<b>HRPM</b>	<b>Habilidad de Resolución de Problemas Matemáticos</b>
<b>PBL</b>	<b>Problem Based Learning (Aprendizaje Basado en Problemas)</b>
<b>MSA</b>	<b>Mathematical Self Ability (Habilidad de Resolución de Problemas)</b>
<b>MSC</b>	<b>Mathematical Self Confidence (Autoconfianza Matemática)</b>

## GLOSARIO

Las definiciones contenidas en este glosario son extraídas y sustentadas del diccionario de la Real Academia Española (RAE). Así mismo, se presentan conceptos de otras fuentes de ayuda y respaldo.

**Ansiedad Matemática:** Falta de confianza del estudiante en sus habilidades para aprender matemáticas y resolver problemas de esta materia (García-Bullé, 2019).

**Discalculia:** Trastorno de la capacidad de resolver problemas matemáticos elementales causado por una lesión cerebral(ASALE & RAE, s. f.).

**Ondas cerebrales:** Patrones repetitivos (oscilatorios) de actividad eléctrica que generan las diferentes estructuras del encéfalo(«Ondas Cerebrales ▷ Tipos de Ondas, Desequilibrios y Tratamientos», s. f.).

**Negatividad frontal temprana:** Onda cerebral que se registra en respuesta a un estímulo inesperado. Se ha relacionado con la atención y la memoria(Olney et al., 2017).

**Onda Alfa:** Las ondas cerebrales alfa son un tipo de actividad eléctrica del cerebro que se produce entre 8 y 13 hercios (Hz). Se generan cuando estamos en estado de relajación o soñando despiertos, pero no dormidos(tecnicor, 2023).

**Onda Beta:** Son un tipo de actividad eléctrica que se produce en el cerebro cuando estamos despiertos y activamente involucrados en tareas cognitivas, motoras y emocionales(Aloharmony, 2023a).

**Onda Delta:** Las ondas delta son ondas cerebrales de baja frecuencia. Este tipo de ondas oscilan entre 0.5Hz y 4Hz y se manifiestan en nuestro cerebro de forma inconsciente cuando duermes(Aloharmony, 2023b).

**Onda Gamma:** las más rápidas del cerebro, están relacionadas con el procesamiento cognitivo de alto nivel, la resolución de problemas complejos y el rendimiento mental máximo. También se asocian a estados de conciencia expandida y de mayor percepción(«Ondas Cerebrales ▷ Tipos de Ondas, Desequilibrios y Tratamientos», s. f.).

**P300:** se caracteriza por su alta sensibilidad para detectar alteraciones en el funcionamiento cognitivo, lo que nos permite objetivar déficits cognitivos antes de que puedan valorarse con los estudios neuropsicológicos convencionales (*Potenciales evocados cognitivos de atención y memoria* | Instituto Neurocognitivo Incia, s. f.).

# ÍNDICE DE CONTENIDO

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	ESTADO DEL ARTE.....	3
	<b>2.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
	<b>2.2 PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>23</b>
	<b>2.3 IMAGEN INTEGRADORA .....</b>	<b>25</b>
	<b>2.4 LIMITACIONES .....</b>	<b>27</b>
III	OBJETIVOS.....	40
	<b>3.1 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>40</b>
	<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>40</b>
IV	METODOLOGÍA .....	41
	<b>4.1 ENFOQUE.....</b>	<b>41</b>
	<b>4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>42</b>
	4.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	43
	4.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	43
	<b>4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....</b>	<b>44</b>
	4.3.1 OPEN BCI – GUI .....	44
	4.3.2 PYTHON.....	44
	4.3.3 MINITAB.....	45
	4.3.4 SISTEMA 10-20 (INTERNACIONAL).....	46
	<b>4.4 MATERIALES.....</b>	<b>46</b>
	4.4.1 CASCO MARK IV – ULTRACORTEX .....	46
	4.4.2 PLACA CYTON.....	47
	4.4.3 CYTON DONGLE .....	48
	4.4.4 ELECTRODOS.....	48
	<b>4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>49</b>
	<b>4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....</b>	<b>49</b>
	4.6.1 OBTENCIÓN DE DATOS.....	50
	4.6.2 ANÁLISIS DE DATOS.....	51
	4.6.3 TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER.....	51
	4.6.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	51
	<b>4.7 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN.....</b>	<b>52</b>

<b>4.8</b>	<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b> .....	54
<b>4.9</b>	<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	55
V	RESULTADOS.....	58
<b>5.1</b>	<b>ADQUISICIÓN DE SEÑALES EEG</b> .....	58
<b>5.2</b>	<b>PRE- PROCESAMIENTO DE SEÑALES</b> .....	59
5.2.1	PROCESAMIENTO DE SEÑALES .....	61
5.2.2	FILTRADO DE SEÑALES.....	62
5.2.3	TEOREMA DE NYQUIST .....	62
5.2.3	TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER .....	63
<b>5.3</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	63
5.3.1	GENERALIDADES DE LOS PARTICIPANTES .....	63
5.3.2	PARTICIPANTES POR CARRERA .....	65
5.3.3	DURACIÓN Y DETALLE DE LAS EVALUACIONES .....	66
5.3.4	CONDICIONES DE ENTORNO.....	71
<b>5.4</b>	<b>SEÑALES OBTENIDAS MEDIANTE OPEN BCI</b> .....	72
5.4.1	RENDIMIENTO EVALUATIVO SEMANA DOS.....	72
5.4.2	ANÁLISIS POR ENCUESTA DE SEGUIMIENTO SEMANA DOS.....	76
5.4.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO SEMANA DOS.....	78
5.4.4	ANÁLISIS POR ENCUESTA DE SEGUIMIENTO SEMANA CUATRO.....	83
5.4.5	RENDIMIENTO EVALUATIVO SEMANA CUATRO .....	87
5.4.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO SEMANA CUATRO .....	90
5.4.7	ANÁLISIS POR ENCUESTA DE SEGUIMIENTO SEMANA SEIS.....	95
<b>5.5</b>	<b>EXPRESIONES FACIALES Y GESTOS NO VERBALES</b> .....	109
VI	DISCUSIÓN .....	113
VII	CONCLUSIONES.....	117
VIII	RECOMENDACIONES.....	119
IX	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
X	ANEXOS .....	125

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.- Imagen Integradora</b> .....	25
<b>Ilustración 2.- Variables de Investigación</b> .....	42
<b>Ilustración 3.- Interfaz de Usuario (Open BCI)</b> .....	44
<b>Ilustración 4.- Interfaz de Python</b> .....	45
<b>Ilustración 5.- Interfaz de usuario (Minitab)</b> .....	45
<b>Ilustración 6.- Casco MARK IV Ultracortex</b> .....	47
<b>Ilustración 7.- Placa Cyton</b> .....	47
<b>Ilustración 8.- Cyton Dongle (Tipo USB)</b> .....	48
<b>Ilustración 9.- Electrodos</b> .....	49
<b>Ilustración 10.- Proceso de adquisición de señales EEG</b> .....	58
<b>Ilustración 11.- Configuración aplicada</b> .....	59
<b>Ilustración 12.- Visualización de señales EEG en Open BCI</b> .....	61
<b>Ilustración 13.- Señal Beta Original en Python</b> .....	61
<b>Ilustración 14.- Señal beta procesada en Python</b> .....	61
<b>Ilustración 15.- Configuración de filtros</b> .....	62
<b>Ilustración 16.- Aplicación de encuesta inicial</b> .....	64
<b>Ilustración 17.- Género</b> .....	65
<b>Ilustración 18.- Recursos utilizados para estudiar (Sondeo Inicial)</b> .....	65
<b>Ilustración 19.- Ambiente de trabajo</b> .....	71
<b>Ilustración 20.- Sujeto 3</b> .....	72
<b>Ilustración 21.- Sujeto 4</b> .....	72
<b>Ilustración 22.- Resultados (Sujeto 1)</b> .....	73
<b>Ilustración 23.- Resultados (Sujeto 2)</b> .....	74
<b>Ilustración 24.- Resultados (Sujeto 4)</b> .....	75
<b>Ilustración 25.- Percepción de límite de tiempo</b> .....	76
<b>Ilustración 26.- Metodología de preparación (Semana 2)</b> .....	77
<b>Ilustración 27.- Estados de ánimo, Fase I</b> .....	78
<b>Ilustración 28.- Inversión de tiempo por ejercicio</b> .....	79
<b>Ilustración 29.- Resolución de ejercicios (Semana 2)</b> .....	80
<b>Ilustración 30.- Relajación Inicial y Final</b> .....	81
<b>Ilustración 31.- Concentración Inicial y Final</b> .....	82
<b>Ilustración 32.- Comprensión con base en el progreso académico</b> .....	83
<b>Ilustración 33.- Hábitos de estudio (Semana 2 y 4)</b> .....	84
<b>Ilustración 34.- Metodología de preparación (Semana 4)</b> .....	85
<b>Ilustración 35.- Percepción de concentración</b> .....	86
<b>Ilustración 36.- Resultados (Sujeto 3)</b> .....	87
<b>Ilustración 37.- Resultados (Sujeto 5)</b> .....	88
<b>Ilustración 38.- Resultados (Sujeto 4)</b> .....	89
<b>Ilustración 39.- Estados de ánimo, Fase II</b> .....	90
<b>Ilustración 40.- Inversión de tiempo por ejercicio</b> .....	91
<b>Ilustración 41.- Resolución de ejercicios (Semana 4)</b> .....	92
<b>Ilustración 42.- Relajación Inicial y Final</b> .....	93

<b>Ilustración 43.- Concentración Inicial y Final</b> .....	94
<b>Ilustración 44.- Comprensión con base en el progreso académico</b> .....	95
<b>Ilustración 45.- Hábitos de estudio (Semana 6)</b> .....	96
<b>Ilustración 46.- Metodología de preparación (Semana 6)</b> .....	97
<b>Ilustración 47.- Percepción de concentración</b> .....	98
<b>Ilustración 48.- Relajación Inicial y Final</b> .....	99
<b>Ilustración 49.- Concentración Inicial y Final</b> .....	100
<b>Ilustración 50.- Resultados (Sujeto 2)</b> .....	102
<b>Ilustración 51.- Resultados (Sujeto 3)</b> .....	103
<b>Ilustración 52.- Resultados (Sujeto 4)</b> .....	104
<b>Ilustración 53.- Estados de ánimo Fase III</b> .....	105
<b>Ilustración 54.- Inversión de tiempo por ejercicio</b> .....	106
<b>Ilustración 55.- Resolución de ejercicios (Semana 6)</b> .....	107
<b>Ilustración 56.- (A)</b> .....	110
<b>Ilustración 57.- (B)</b> .....	110
<b>Ilustración 58.- (C)</b> .....	110
<b>Ilustración 59.- (D)</b> .....	110
<b>Ilustración 60.- (E)</b> .....	111
<b>Ilustración 61.- (F)</b> .....	111
<b>Ilustración 62.- (G)</b> .....	111
<b>Ilustración 63.- (H)</b> .....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Limitantes de estudios previos.....	27
Tabla 2.- Metodología de Investigación.....	42
Tabla 3.- Distribución de electrodos (Sistema 10-20) .....	46
Tabla 4.- Cronograma de actividades.....	54
Tabla 6.- Distribución de participantes según carrera universitaria .....	66
Tabla 7.- Especificaciones de ejercicios graduales .....	66
Tabla 8.- Primera Jornada (Semana 2) .....	68
Tabla 9.- Continuación Jornada (Semana 2) .....	68
Tabla 10.- Segunda Jornada (Semana 4).....	69
Tabla 11.- Continuación Jornada (Semana 4).....	69
Tabla 12.-Tercera Jornada (Semana 6) .....	70
Tabla 13.- Continuación Jornada (Semana 6).....	70
Tabla 14.-Análisis Estadístico Por Ejercicios (Semana 2).....	79
Tabla 15.- Análisis Estadístico Por Ejercicios (Semana 4) .....	91
Tabla 16.- Análisis Estadístico Por Ejercicios (Semana 6) .....	106

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.- Teorema de Nyquist .....	62
Ecuación 2.- Transformada Rápida de Fourier .....	63

## ANEXOS

Anexo 1.- Consentimiento informado de los participantes de Física I.....	125
Anexo 2.- Consentimiento informado de los participantes de Física I.....	126
Anexo 3.- Sujeto 1 .....	127
Anexo 4.- Sujeto 2 .....	127
Anexo 5.- Sujeto 3 .....	127
Anexo 6.- Sujeto 4.....	127
Anexo 7.- Sujeto 5 .....	128
Anexo 8.- Sujeto 6 .....	128
Anexo 9.- Sujeto 7 .....	128
Anexo 10.- Sujeto 8 .....	128
Anexo 11.- Evaluación en semana dos.....	129
Anexo 12.- Evaluación en semana cuatro.....	130
Anexo 13.- Evaluación en semana seis .....	131
Anexo 14.- Ondas cerebrales (Sujeto 1).....	132
Anexo 15.- Señal beta procesada en Python .....	132
Anexo 16.- Ondas cerebrales (Sujeto 2).....	133

<b>Anexo 17.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>133</b>
<b>Anexo 18.- Ondas cerebrales (Sujeto 3) .....</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 19.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 20.- Ondas cerebrales (Sujeto 4) .....</b>	<b>135</b>
<b>Anexo 21.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>135</b>
<b>Anexo 22.- Ondas cerebrales (Sujeto 5) .....</b>	<b>136</b>
<b>Anexo 23.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>136</b>
<b>Anexo 24.- Ondas cerebrales (Sujeto 6) .....</b>	<b>137</b>
<b>Anexo 25.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>137</b>
<b>Anexo 26.- Ondas cerebrales (Sujeto 7) .....</b>	<b>138</b>
<b>Anexo 27.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>138</b>
<b>Anexo 28.- Ondas cerebrales (Sujeto 8) .....</b>	<b>139</b>
<b>Anexo 29.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>139</b>
<b>Anexo 30.- Ondas cerebrales (Sujeto 1) .....</b>	<b>140</b>
<b>Anexo 31.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>140</b>
<b>Anexo 32.- Ondas cerebrales (Sujeto 2) .....</b>	<b>141</b>
<b>Anexo 33.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>141</b>
<b>Anexo 34.-Ondas cerebrales (Sujeto 3) .....</b>	<b>142</b>
<b>Anexo 35.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>142</b>
<b>Anexo 36.- Ondas cerebrales (Sujeto 4) .....</b>	<b>143</b>
<b>Anexo 37.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>143</b>
<b>Anexo 38.- Ondas cerebrales (Sujeto 5) .....</b>	<b>144</b>
<b>Anexo 39.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>144</b>
<b>Anexo 40.- Ondas cerebrales (Sujeto 6) .....</b>	<b>145</b>
<b>Anexo 41.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>145</b>
<b>Anexo 42.- Ondas cerebrales (Sujeto 7) .....</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 43.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 44.- Ondas cerebrales (Sujeto 8) .....</b>	<b>147</b>
<b>Anexo 45.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>147</b>
<b>Anexo 46.- Ondas cerebrales (Sujeto 1) .....</b>	<b>148</b>
<b>Anexo 47.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>148</b>
<b>Anexo 48.- Ondas cerebrales (Sujeto 2) .....</b>	<b>149</b>
<b>Anexo 49.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>149</b>
<b>Anexo 50.- Ondas cerebrales (Sujeto 3) .....</b>	<b>150</b>
<b>Anexo 51.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>150</b>
<b>Anexo 52.- Ondas cerebrales (Sujeto 4) .....</b>	<b>151</b>
<b>Anexo 53.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>151</b>
<b>Anexo 54.- Ondas cerebrales (Sujeto 5) .....</b>	<b>152</b>
<b>Anexo 55.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>152</b>
<b>Anexo 56.- Ondas cerebrales (Sujeto 6) .....</b>	<b>153</b>
<b>Anexo 57.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>153</b>
<b>Anexo 58.- Ondas cerebrales (Sujeto 7) .....</b>	<b>154</b>
<b>Anexo 59.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>154</b>
<b>Anexo 60.- Ondas cerebrales (Sujeto 8) .....</b>	<b>155</b>

<b>Anexo 61.- Señal beta procesada en Python .....</b>	<b>155</b>
<b>Anexo 62.- Importación de librerías y estructuración de datos .....</b>	<b>156</b>
<b>Anexo 63.- Asignación de frecuencias, transformada de Fourier, Teorema Nyquist y filtro pasa banda .....</b>	<b>156</b>
<b>Anexo 64.- Identificación de amplitudes máximas, magnitud y detección .....</b>	<b>157</b>
<b>Anexo 65.- Visualización de señal EEG .....</b>	<b>157</b>
<b>Anexo 66.- Visualización de gráficas y edición de ejes .....</b>	<b>158</b>
<b>Anexo 67.- Base de datos por sujetos y semanas.....</b>	<b>158</b>
<b>Anexo 68.- Menú Principal .....</b>	<b>159</b>
<b>Anexo 69.- Ejecución final de programa.....</b>	<b>159</b>
<b>Anexo 70.- Interfaz de Usuario.....</b>	<b>160</b>
<b>Anexo 71.- Calificaciones Finales (Física I).....</b>	<b>160</b>

## I INTRODUCCIÓN

Actualmente, las tasas de aprobación y reprobación en los cursos de física de América Latina, así como los cambios de carrera y las tasas de deserción en las escuelas de ingeniería, serán de creciente interés para los académicos y los responsables de las políticas educativas (Aguilar & Uc, 2020). Estos fenómenos plantearán desafíos importantes para los estudiantes y las instituciones educativas, y comprender sus causas y consecuencias se convertirá en una prioridad urgente.

Este estudio pretenderá explorar una perspectiva innovadora para comprender estos fenómenos: la relación entre las ondas cerebrales y el comportamiento de los estudiantes ante evaluaciones académicas de diversa complejidad. Para realizar el estudio, se utilizarán métodos de electroencefalografía, una técnica no invasiva que permitirá a los participantes registrar sus ondas cerebrales enfrentando distintos niveles de complejidad.

La importancia de este estudio radicará en su potencial para contribuir a una mejor comprensión de los mecanismos cerebrales que subyacen al aprendizaje y la resolución de problemas en el ámbito académico. Al analizar las respuestas cerebrales de los estudiantes durante las evaluaciones, se espera obtener información valiosa sobre cómo los diferentes niveles de complejidad impactarán la capacidad de los estudiantes para procesar información, tomar decisiones y resolver problemas (Grundy et al., 2019).

El estudio de los mecanismos cerebrales relacionados con el aprendizaje y la toma de decisiones podrá conducir al desarrollo de intervenciones tempranas y personalizadas que mejorarán la experiencia educativa de los estudiantes y aumentarán sus posibilidades de éxito en estas áreas (Ramírez-Moreno et al., 2021).

Esta investigación también tendrá como propósito examinar la relación entre las ondas cerebrales y la complejidad de las evaluaciones académicas. Al registrar las ondas cerebrales de los participantes mientras realicen evaluaciones de diferentes niveles de complejidad, se espera identificar patrones que permitan comprender cómo los estudiantes procesan la información, abordan los desafíos académicos y toman decisiones. Asimismo, la recopilación de datos se realizará de acuerdo con los principios éticos de la investigación. Se obtendrá el consentimiento informado de todos los participantes y se protegerá la confidencialidad de sus

datos. Los datos se analizarán estadísticamente para identificar patrones y correlaciones significativas entre las respuestas cerebrales y los niveles de complejidad de las evaluaciones.

El documento se desglosará en nueve capítulos. En el capítulo I se abordará la introducción correspondiente a esta investigación. En el capítulo II se abarcará el estado de arte, el cual contiene toda la información relevante y detallada acerca de los trabajos previos relacionados con las señales EEG, técnicas de estudio, grados y niveles de complejidad matemática asociado a resolución de problemas, estados de concentración estudiantil, tasas de reprobación y aprobación en estudiantes universitarios y estados de ánimo o factores psicológicos en alumnos. Por consiguiente, en el capítulo III se presentan los objetivos propuestos para el cumplimiento de la presente investigación.

Por otro lado, en el capítulo IV se describirán las metodologías aplicadas con las variables de investigación, resumen de procedimiento ejecutado y objetivos de este. En el capítulo V se describirán los resultados obtenidos del estudio, incluyendo el análisis. En el capítulo VI se presentarán las conclusiones, limitaciones y recomendaciones para futuras investigaciones. Finalmente, en el capítulo VII se observarán los agradecimientos del autor. Y, en el capítulo VIII las referencias bibliográficas que fueron útiles como métodos de recolección de información valiosa para el presente estudio.

## II ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presenta la revisión hecha de los estudios que examinan los antecedentes y avances de estas investigaciones, destacando las contribuciones esenciales que han permitido guiar y fomentar progresos significativos entre la actividad neurológica y las técnicas de estudio necesarias.

### 2.1 ANTECEDENTES

(Van Amelsvoort et al., s. f.) presenta en su investigación titulada <<***Appraisal of children's facial expressions while performing mathematics problems***>> las expresiones faciales de los niños mientras resolvían problemas matemáticos y exploraron si los adultos podían inferir la dificultad de los problemas basándose en estas expresiones. El objetivo principal era determinar si las expresiones faciales de los niños reflejaban su estado afectivo y si esto podía ser utilizado para adaptar el nivel de dificultad de las tareas educativas.

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de comprender y detectar el estado emocional de los niños mientras realizan tareas escolares. Esto es crucial para adaptar las actividades de aprendizaje a las necesidades individuales de los estudiantes. Además, el conocimiento de las expresiones faciales en el aprendizaje puede ser utilizado para mejorar el diseño de software educativo y proporcionar retroalimentación personalizada.

Por otro lado, En cuanto a la metodología, se llevaron a cabo dos estudios para investigar las expresiones faciales de los niños mientras resolvían problemas matemáticos. Se utilizó un diseño mixto 2x2 con el grado escolar (segundo grado, quinto grado) como variable entre sujetos, y el nivel de dificultad de los problemas (fácil, difícil) como variable dentro de sujetos. Se recopilaron datos de expresiones faciales mediante la presentación de problemas matemáticos de diferentes niveles de dificultad a los niños y se registraron sus reacciones faciales. Además, se evaluó si los adultos podían interpretar correctamente estas expresiones y determinar la dificultad percibida de los problemas.

Los resultados mostraron que los niños exhibían más expresiones faciales al resolver problemas difíciles en comparación con los problemas fáciles. Además, los adultos fueron capaces de inferir correctamente la dificultad percibida de los problemas basándose en las expresiones faciales de los niños.

Ahora bien, en base al presente estudio, se podría tomar como referencia el grupo de aplicación en estudiantes universitarios y la metodología empleada no únicamente como

ejercicios aritméticos, sino ejercicios analíticos centrados en la resolución de problemas de física.

(Elia & Evangelou, 2014) explican en su investigación denominada <<***Gesture in a kindergarten mathematics classroom***>> el papel de los gestos en el aprendizaje de conceptos espaciales en un aula de matemáticas de kindergarten. Utilizaron un enfoque de estudio de caso y se centraron en el comportamiento verbal y no verbal de un niño de kindergarten que produjo una gran cantidad de gestos durante la instrucción.

El objetivo principal del estudio fue analizar cómo los gestos utilizados por el niño complementaban y enriquecían su discurso verbal, y cómo los gestos y el habla actuaban como medios semióticos para la objetivación de relaciones espaciales específicas.

En términos de metodología, se utilizó un enfoque micro genético para analizar los datos. Se realizó un estudio de video de una lección matemática en un aula de kindergarten, y se observó y registró el comportamiento gestual y verbal del niño en estudio, así como también se tuvo en cuenta las interacciones entre el niño y otros niños o el maestro.

Los resultados del estudio mostraron que los niños utilizaron gestos durante toda la instrucción y que produjo diferentes tipos de gestos en diferentes contextos espaciales. En particular, se encontró que los niños utilizaban gestos deícticos para referirse a objetos existentes o virtuales al abordar conceptos como 'dentro' y 'fuera', 'encima' y 'debajo', 'arriba' y 'abajo'.

Además, se observó tanto una correspondencia entre los gestos y el habla de los niños como una discrepancia entre ellos. En el caso de la discrepancia, los gestos complementaron y enriquecieron los enunciados verbales.

No obstante, se podría replicar este estudio en otros entornos educativos, con diferentes grupos de edad o con diferentes conceptos matemáticos para obtener una comprensión más completa del uso de los gestos en el aprendizaje de las matemáticas en la educación temprana.

(Copello, 2017) detalla en su investigación denominada << ***EEG Study of Simple Problem Solving***>> investigó cómo el cerebro resuelve problemas aritméticos simples utilizando el electroencefalograma (EEG) para medir los cambios en la actividad alfa hemisférica. El objetivo era replicar y actualizar un estudio anterior de Earle (1985), que sugería que diferentes hemisferios se activan dependiendo de la dificultad del problema.

Los participantes resolvieron problemas de multiplicación de diferentes niveles de dificultad mientras se registraba su actividad cerebral. A diferencia del estudio original, los participantes podían corregir errores antes de pasar al siguiente problema y se les permitió resolver tantos problemas como pudieran en bloques de 2 minutos. Por otro lado, la metodología incluyó la grabación de EEG en estado de reposo y durante la resolución de problemas, con problemas presentados en orden aleatorio. Se recogieron datos de pares de electrodos homólogos en los lóbulos parietal y temporal.

Los resultados no replicaron los hallazgos de Earle (1985). No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de la tarea cuando los participantes se dividieron en grupos según su velocidad de reacción. El estudio permitiría a los participantes resolver problemas en bloques con límite de tiempo para aumentar la cantidad de datos recogidos y mejorar la fiabilidad de los resultados.

(Hendriana et al., 2020) describen en su investigación titulada <<***The Role of Problem-Based Learning to Improve Students' Mathematical Problem-Solving Ability and Self Confidence***>> exploraron cómo el aprendizaje basado en problemas (PBL, por sus siglas en inglés) puede mejorar la habilidad de resolución de problemas matemáticos (MPSA) y la autoconfianza matemática (MSC) de los estudiantes. La motivación para realizar el estudio fue la evidencia previa que sugiere la superioridad del PBL en la mejora de la MPSA de los estudiantes. La problemática abordada es cómo mejorar estas habilidades y la autoconfianza en matemáticas.

La metodología utilizada fue un diseño experimental de pretest-postest con grupo de control. Participaron 66 estudiantes de décimo grado, y se utilizó una prueba de MPSA, una escala de MSC y una escala de percepción sobre el PBL. La prueba de MPSA consistió en 5 ítems adoptados de estudios anteriores, con una confiabilidad de  $r = .884$ , validez de ítem ( $t$ ) de  $.52 \leq t \leq .74$ , poder de discriminación (DP) de  $.29 \leq DP \leq .49$  e índice de dificultad (DI) de  $.28 \leq DI \leq .58$ . La escala de MSC constaba de 35 ítems con una confiabilidad de  $.89$  y validez de ítem (IV) de  $2.12 \leq t\text{-cal} \leq 3.96$ .

Los resultados mostraron que, después del proceso de aprendizaje, los estudiantes tratados con el enfoque PBL alcanzaron calificaciones razonablemente buenas en MPSA y MSC, mientras que aquellos enseñados con métodos convencionales obtuvieron calificaciones de nivel medio. Además, se encontró una alta asociación entre la habilidad de resolución de

problemas matemáticos y la autoconfianza matemática, y los estudiantes expresaron opiniones positivas hacia la implementación del PBL.

En un contexto de investigación más amplio, sería valioso replicar el estudio en diversas regiones culturales y educativas, centrándose en comparaciones con métodos de enseñanza convencionales específicos de esas áreas geográficas. Al adaptar el diseño experimental de pretest-postest con grupo de control a diferentes entornos educativos, podríamos examinar la transferibilidad de los beneficios del aprendizaje basado en problemas.

(Molina del Río et al., 2019) presentaron mediante su investigación titulada <<**EEG correlation during the solving of simple and complex logical–mathematical problems**>> En esta investigación, los investigadores evaluaron la activación y correlación electroencefalográfica (EEG) de las regiones prefrontal, temporal y parietal en hombres jóvenes mientras resolvían problemas lógico-matemáticos con dos grados de dificultad: simple y complejo.

El objetivo del estudio fue comprender cómo el cerebro se activa y se correlaciona durante la resolución de problemas matemáticos de diferentes niveles de dificultad. La problemática que abordaron fue la comprensión de las operaciones cognitivas necesarias para resolver problemas matemáticos y cómo estas operaciones se reflejan en la actividad cerebral.

La importancia de este estudio radica en comprender cómo el cerebro humano procesa y resuelve problemas matemáticos, lo cual puede tener implicaciones en la educación y en la comprensión de las habilidades matemáticas.

Utilizaron la metodología de registrar la actividad eléctrica del cerebro (EEG) mientras los participantes resolvían problemas matemáticos simples y complejos. Esto les permitió analizar la activación y correlación de diferentes regiones cerebrales durante la resolución de problemas matemáticos.

Los resultados mostraron que la resolución de problemas complejos requiere una activación característica y una sincronización funcional entre diferentes regiones del cerebro, lo que sugiere la importancia de la coordinación entre estas áreas para el razonamiento matemático. Sin embargo, como elemento fundamental, se podría tomar como base la metodología aplicada en el presente estudio, que está relacionado a la resolución de ejercicios de distintos grados de complejidad en niños.

(Grundy et al., 2019) describen en su investigación denominada << **The relation between brain signal complexity and task difficulty on an executive function task**>> Los

autores investigaron la relación entre la complejidad de la señal cerebral y la dificultad de una tarea de función ejecutiva. El objetivo del estudio era comprender cómo la complejidad de la señal cerebral afecta el rendimiento en tareas cognitivas exigentes.

Para llevar a cabo el estudio, utilizaron una metodología que incluyó el análisis de datos de un estudio previo, el uso de un paradigma de cambio de tarea de bivalencia y la recopilación de datos de EEG. Utilizaron el análisis de entropía multiescalar (MSE) para evaluar la complejidad de la señal cerebral y realizaron un análisis de mínimos cuadrados parciales (PLS) para examinar las relaciones entre la entropía, la condición de la tarea y el comportamiento.

Por otro lado, Los resultados mostraron que la complejidad de la señal cerebral aumentó de manera lineal a medida que la dificultad de la tarea aumentaba, con mayor complejidad para las tareas más difíciles. Además, encontraron que la complejidad de la señal cerebral estaba asociada con ganancias y pérdidas de velocidad dependiendo de la ubicación en el cuero cabelludo, pero no estaba asociada con la precisión. Es por ello, que se puede tomar de guía el análisis empleado en estudiantes con metodologías de tareas. Sin embargo, la única diferencia radica en el tipo de evaluación, que, en este caso, se centra en pruebas académicas en estudiantes universitarios, y no solo alumnos de secundaria como muestra.

(Artemenko et al., 2019) estableció en su investigación denominada << **Individual Differences in Math Ability Determine Neurocognitive Processing of Arithmetic Complexity: A Combined fNIRS-EEG Study**>> cómo el cerebro humano procesa la complejidad aritmética y cómo esto puede variar según la habilidad matemática de las personas. El propósito principal fue comprender mejor la interacción entre la habilidad matemática y la complejidad aritmética en términos de comportamiento y actividad cerebral.

Utilizaron una combinación de dos técnicas de neuroimagen: la espectroscopia de infrarrojo cercano funcional (fNIRS) y la electroencefalografía (EEG). Estas técnicas les permitieron medir la actividad cerebral mientras los participantes realizaban tareas aritméticas de diferente complejidad.

En términos de la metodología, reclutaron a 34 participantes que realizaron pruebas de habilidades matemáticas y luego completaron tareas de cálculo aritmético mientras se registraba su actividad cerebral. Utilizaron análisis estadísticos para examinar las diferencias en el rendimiento y la actividad cerebral entre los participantes con diferentes niveles de habilidad matemática.

Los resultados mostraron que la habilidad matemática afecta la forma en que el cerebro procesa la complejidad aritmética. Se observaron diferencias en la activación cerebral y en las estrategias de resolución de problemas entre participantes con diferentes niveles de habilidad matemática. Además, se identificaron correlaciones entre la actividad cerebral y el rendimiento en las tareas aritméticas. Por ende, este estudio proporcionaría una metodología similar, con enfoque tanto en pruebas como tareas de cálculo, que permitirá obtener y evaluar resultados similares en cuanto a la activación cerebral.

(Daly et al., 2019) llevó a cabo una investigación denominada como << ***Mathematical mindsets increase student motivation: Evidence from the EEG***>> en el presente estudio se exploró la teoría de la mentalidad matemática (MM) y su impacto en la motivación de los estudiantes al resolver problemas matemáticos. Para ello, se realizó el estudio que incluyó la participación de veintitrés estudiantes universitarios de primer y segundo año de la Universidad de Essex.

El objetivo del estudio fue verificar si la formulación de problemas matemáticos de acuerdo con la teoría de la mentalidad matemática afecta la motivación de los estudiantes. Además, el estudio buscó explorar los correlatos neurales, mientras los participantes intentaban resolver problemas matemáticos formulados de acuerdo con la teoría de la mentalidad matemática en comparación con problemas estándar.

El diseño experimental incluyó la presentación de problemas matemáticos formulados de acuerdo con la teoría de la mentalidad matemática y problemas estándar. Los participantes fueron evaluados a través de autoinformes de su percepción y estados afectivos antes y después de intentar resolver cada problema a través de la actividad cerebral medida con electroencefalografía (EEG).

El estudio encontró que la formulación de problemas matemáticos de acuerdo con la teoría de la mentalidad matemática aumentó significativamente la motivación de los estudiantes, como se informó en los autoinformes de los participantes y se observó a través de la actividad cerebral medida con EEG prefrontal.

Aunque no se encontraron correlaciones significativas entre la habilidad de los estudiantes y los cambios en la motivación, se concluyó que los problemas formulados de acuerdo con la teoría de la mentalidad matemática beneficiaron a todos los participantes por igual en términos de cambio en la motivación. Por ello, esta investigación fue relevante ya que

permitiría replicar autoinformes a los estudiantes, evaluar sus ondas cerebrales y sus estados de concentración durante el desarrollo de los ejercicios.

(Delima et al., 2019) se centraron en el estudio catalogado como <<**Students' mathematical thinking and their learning style**>> se presenta un análisis de los estilos de aprendizaje de los estudiantes y su relación con el pensamiento matemático. El estudio describe la relación entre el pensamiento matemático de los estudiantes y su estilo de aprendizaje, así como la influencia de estos factores en el rendimiento académico.

La metodología empleada incluyó pruebas de pensamiento matemático, el inventario de estilos de aprendizaje de Kolb y McCarthy, así como observaciones de los estudiantes. Los datos recopilados se analizaron para identificar patrones y relaciones entre el pensamiento matemático y los estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Los resultados mostraron que la mayoría de los estudiantes tenían habilidades de pensamiento matemático en un nivel medio y alto, y que el estilo de aprendizaje predominante era el estilo asimilador. Además, se observó que los estudiantes con estilos de aprendizaje asimiladores tenían habilidades de pensamiento matemático por encima del promedio general. Por consiguiente, esta investigación podría aportar con base en el estilo de aprendizaje "asimilador" o mejor conocido como aprendizaje teórico, lo que permite contextualizar una gran brecha de distintas técnicas de estudio en estudiantes universitarios de Física.

(Soltanlou et al., 2019) elaboraron el siguiente estudio <<**Oscillatory EEG Changes During Arithmetic Learning in Children**>> Los autores se enfocaron en comparar los cambios neurofisiológicos relacionados con el aprendizaje de aritmética en niños. El objetivo es comprender si se pueden detectar cambios en la activación cerebral durante el proceso de aprendizaje, antes de la consolidación de la memoria.

El estudio se llevó a cabo con 24 niños de quinto grado, quienes resolvieron problemas de multiplicación. Durante el entrenamiento de aritmética, se observó una reducción en los errores junto con un aumento en la potencia de la onda theta (4–7 Hz), pero no en las bandas de alfa inferior (8–10 Hz) o alfa superior (10–13 Hz).

Los resultados sugieren que el aumento en la potencia de theta contribuyó a un cambio de estrategias procedimentales lentas y esforzadas a estrategias procedimentales y de recuperación más eficientes y automatizadas, lo que llevó a un rendimiento más eficiente en la resolución de problemas de multiplicación. Además, este estudio aporta una valiosa

información en cuanto a la metodología aplicada, que es la multiplicación. Esto mismo se puede tomar como guía en ejercicios de análisis y comprensión matemática / Física.

Así mismo, se realizó un estudio similar por parte de (Rokhima et al., 2019) titulado como <<**Mathematical problem solving based on Kolb's learning style**>> en este contexto, los autores llevaron a cabo un estudio para describir el proceso de resolución de problemas matemáticos basado en el estilo de aprendizaje de Kolb. La razón principal para llevar a cabo esta investigación fue la importancia de comprender cómo los estudiantes abordan y resuelven problemas matemáticos, y cómo su estilo de aprendizaje puede influir en este proceso.

La problemática que abordaron fue la dificultad que enfrentan muchos estudiantes al comprender conceptos matemáticos y al resolver problemas de estos. La investigación se centró en comprender cómo el estilo de aprendizaje de los estudiantes, según Kolb, influye en sus capacidades para resolver problemas matemáticos.

La metodología utilizada fue cualitativa descriptiva. Utilizaron cuestionarios y pruebas de resolución de problemas matemáticos para recopilar datos. Validaron los datos utilizando la triangulación de métodos, que implica el uso de diferentes métodos de recopilación de datos para el mismo propósito.

Los resultados mostraron que los estudiantes con estilos de aprendizaje convergente y acomodador tuvieron un mejor desempeño en la resolución de problemas matemáticos en comparación con los estudiantes con estilos de aprendizaje divergente y asimilador. Gracias a esta investigación, se puede tomar por guía los métodos que describe Kolb, entre ellos se encuentran la experiencia concreta (EC); observación reflexiva (OR); conceptualización abstracta (CA) y experimentación activa (EA), que puede ser analizada a través de los estilos de aprendizaje con estudiantes universitarios.

(Zaeni et al., 2019) explica en su investigación titulada << **Concentration Level Detection Using EEG Signal on Reading Practice Application** >> desarrolló una aplicación de práctica de lectura que permite medir el nivel de concentración de un usuario mediante la señal de electroencefalografía (EEG). El propósito de la investigación fue estudiar la concentración durante la lectura y desarrollar un método para estimar el puntaje de un sujeto después de leer un material específico. Esto aborda la necesidad de comprender cómo la concentración afecta la comprensión y retención de la lectura.

Se reclutaron 14 sujetos universitarios para participar en el estudio. Se les pidió que leyeran tres párrafos de material de lectura y luego respondieran preguntas de opción múltiple. La señal de EEG se registró durante la lectura y se promedió para cada párrafo leído.

La metodología utilizada incluyó el desarrollo de la aplicación de práctica de lectura, la adquisición de la señal de EEG de los sujetos mientras leían y la implementación de un modelo de estimación utilizando una Red Neuronal Artificial (ANN). Además, la señal de EEG se registró durante la lectura y se promedió para cada párrafo leído.

Sin embargo, Los resultados mostraron que el modelo de estimación basado en la señal de EEG logró una precisión del 73.81%. Por otro lado, se observó que el modelo tuvo dificultades para estimar puntajes más bajos, mientras que tuvo un desempeño mejor en puntajes más prometedores. Esto sugiere que el modelo necesita mejoras para ser más efectivo en la estimación de puntajes de lectura basados en la señal de EEG.

No obstante, esta investigación es de suma relevancia, ya que, para temas de replicación de datos, se podría utilizar las técnicas de electroencefalografía y análisis de datos no solo en el ámbito de la lectura, sino en el planteamiento de estados de concentración con distintos grados de dificultad.

(Prahmana et al., 2019) explicó a través de su investigación denominada <<**Mathematical anxiety among engineering students**>> acerca del estado de la ansiedad matemática en estudiantes universitarios de cuatro departamentos de ingeniería. El objetivo del estudio fue analizar las experiencias, sentimientos y pensamientos de los estudiantes con respecto a la ansiedad psicológica a través de ejercicios prácticos.

Este estudio es importante porque la ansiedad matemática puede afectar negativamente el desempeño académico y la motivación de los estudiantes en el campo de la ingeniería. Esto, permitiendo comprender los factores que contribuyen a la ansiedad matemática puede ayudar a desarrollar estrategias de intervención y apoyo para los estudiantes.

En el caso de la metodología, se aplicó un cuestionario de 92 ítems con escalas de respuesta de "totalmente en desacuerdo" a "totalmente de acuerdo". Los resultados obtenidos permitieron identificar los niveles de ansiedad matemática en los estudiantes y su relación con el departamento de estudio.

No obstante, el estudio permitiría replicar el uso del cuestionario de ansiedad matemática en otros contextos o con diferentes muestras de estudiantes universitarios.

Además, los resultados obtenidos podrían ser utilizados para informar programas de apoyo y orientación académica para ayudar a los estudiantes a manejar la ansiedad matemática y mejorar su rendimiento en matemáticas.

(Arbel, 2020) expuso a través de su investigación titulada << ***The effect of task difficulty on feedback processing in children***>> En esta investigación, se evaluó el efecto de la dificultad de la tarea en el procesamiento de retroalimentación en niños de 7 a 11 años. El objetivo del estudio fue examinar cómo la dificultad de la tarea afecta el procesamiento de la retroalimentación en niños, ya que se desconoce si y de qué manera el nivel de dificultad de las tareas de aprendizaje influye en la capacidad de los niños para beneficiarse de la retroalimentación.

El propósito de este estudio fue comprender cómo la dificultad de la tarea afecta el procesamiento de la retroalimentación en niños, lo cual es importante para comprender cómo los niños utilizan dicho elemento para mejorar su rendimiento en un entorno de aprendizaje,

La problemática que abordaron fue la comprensión de cómo las demandas cognitivas de las tareas de aprendizaje influyen en la capacidad de los niños para procesar la retroalimentación y mejorar su rendimiento. Para llevar a cabo el estudio, se utilizó electroencefalografía (EEG) para registrar la actividad cerebral mientras los niños realizaban dos tareas de aprendizaje con diferentes niveles de dificultad.

Además, se midió la precisión en un bloque de prueba al final de cada tarea. Los resultados mostraron que, a pesar de completar un número similar de bloques de tareas, los niños lograron una mayor precisión en la tarea fácil en comparación con la tarea difícil.

En cuanto a la retroalimentación cerebral, se encontró que el P300 y una positividad fronto-central que seguía al FRN fueron más grandes en la tarea fácil, lo cual es contrario a lo reportado en adultos. Esto sugiere que la motivación puede influir en la asignación de atención en los niños. Por otro lado, este estudio permitiría replicar el tipo de metodología empleada, con una cantidad de muestra similar para la obtención de señales en estados de estrés, ansiedad, fatiga, sueño, alegría, entre otros, para conocer el comportamiento de las ondas cerebrales a través del tiempo y carga académica.

Un estudio similar por parte de (Nassehi et al., 2020) << ***Investigating EEG Based Marker for Diagnosis of Mathematical Difficulties***>> describen y analizan las señales de EEG (electroencefalografía) para identificar marcadores que puedan diagnosticar dificultades matemáticas, específicamente la discalculia. La discalculia es una discapacidad de aprendizaje

que dificulta la comprensión de números y símbolos, así como la realización de cálculos matemáticos.

El objetivo principal del estudio fue proporcionar un método de diagnóstico alternativo para trastornos psicológicos relacionados con el aprendizaje de aritmética y dificultades en la comprensión matemática, especialmente en edades tempranas.

La importancia de este estudio radica en la posibilidad de proporcionar un método de diagnóstico temprano para identificar dificultades matemáticas y trastornos psicológicos relacionados. Esto podría permitir intervenciones tempranas y personalizadas para los individuos que enfrentan estas dificultades.

Para llevar a cabo la investigación, se utilizó un conjunto de datos de 20 participantes que realizaron tareas de aritmética mental. Se extrajeron características de las señales de EEG, como propiedades estadísticas y la relación de amplitudes de bandas de frecuencia específicas.

No obstante, los resultados mostraron que la relación de amplitudes de la banda theta sobre la banda alfa podría ser una característica principal para investigar las dificultades matemáticas. Además, se encontraron diferencias significativas en las características extraídas de las señales de EEG entre los participantes con buen desempeño y aquellos con dificultades matemáticas.

Por consiguiente, este estudio puede proporcionar las características esenciales en cuanto a las especificaciones técnicas del procesamiento de señales y captación de datos con sus respectivas bandas de frecuencia, con el motivo de tabular estadísticas relevantes en cuanto los estados de dificultad matemática.

(Purwanto et al., 2020) describe en su investigación titulada << ***Analysis of mathematical critical thinking ability in student learning style***>> los autores analizaron la habilidad de pensamiento crítico matemático en relación con los estilos de aprendizaje de los estudiantes. El objetivo principal del estudio fue comprender cómo los estilos de aprendizaje de los estudiantes influyen en su habilidad para pensar críticamente en matemáticas.

La problemática que abordaron fue la variabilidad en los estilos de aprendizaje de los estudiantes y cómo esto puede afectar su desempeño en matemáticas, específicamente en términos de pensamiento crítico. La importancia de este estudio radica en la necesidad de

comprender cómo los estilos de aprendizaje de los estudiantes pueden influir en su capacidad para pensar críticamente en matemáticas.

En cuanto a la metodología, se utilizó un método de investigación explicativo asociativo. Se aplicaron cuestionarios para identificar los estilos de aprendizaje de los estudiantes, se agruparon las habilidades de pensamiento crítico matemático y se realizó una prueba de resolución de problemas. Luego, se llevó a cabo un análisis de dos vías ANOVA para determinar las diferencias en las habilidades de resolución de problemas basadas en los estilos de aprendizaje y las habilidades de pensamiento crítico.

Los resultados mostraron que existen diferencias en las habilidades de resolución de problemas basadas en los estilos de aprendizaje de los estudiantes, así como en las habilidades de pensamiento crítico matemático. Lo que sugiere que cada estudiante, independientemente de su estilo de aprendizaje, tiene habilidades diferentes de pensamiento crítico matemático.

Seguidamente, se puede tomar como guía el tipo de metodología empleada para conocer a través de encuestas los distintos estilos de aprendizaje de los estudiantes de la asignatura de física para la creación de estadísticas relevantes.

(Lawson et al., 2020) menciona en su revisión **titulada <<The evolution of mathematics support: a literature review>>** acerca del apoyo en matemáticas en el entorno de la educación superior. El objetivo principal fue explorar la evolución en la naturaleza del apoyo en matemáticas y la forma en que es percibido, abordando temas clave como las características de los estudiantes que buscan apoyo en matemáticas, el rol de los tutores que brindan este apoyo, la posición de matemáticas dentro de las estructuras de la educación superior, y la evaluación de la efectividad del apoyo.

La importancia de esta investigación se centra que el apoyo en matemáticas ha evolucionado en respuesta a cambios cruciales en el entorno de la educación superior, como la creciente cuantificación de muchas disciplinas y la demanda de habilidades matemáticas y cuantitativas en campos no tradicionalmente cuantitativos. El estudio aborda la importancia de brindar apoyo en matemáticas a estudiantes de diversas disciplinas y la necesidad de evaluar la efectividad de este apoyo.

La metodología utilizada incluyó una revisión sistemática de la literatura sobre apoyo en matemáticas desde el año 2000, abarcando revistas de investigación en educación matemática y educación superior, así como literatura gris y publicaciones de conferencias. Así mismo, Los resultados obtenidos incluyen la identificación de factores que influyen en la

participación de los estudiantes en el apoyo en matemáticas, la importancia de la capacitación de tutores y la diversidad de enfoques para brindar apoyo efectivo en matemáticas.

Por ende, el estudio identifica temas clave relacionados con el apoyo en matemáticas, como las características de los estudiantes que buscan apoyo, el rol de los tutores, la posición del apoyo en matemáticas dentro de las estructuras de la educación superior, y la evaluación de la efectividad del apoyo. Destacando la importancia de evaluar la efectividad del apoyo en matemáticas, y ofrecer una metodología que puede utilizarse para diseñar una evaluación de la efectividad del apoyo en matemáticas en un contexto específico.

Se puede orientar la siguiente investigación como base fundamental acerca de los pilares básicos en cuanto al apoyo y seguimiento académico de estudiantes con dificultades en las áreas de matemáticas e incluso a nivel de facultades de ingeniería.

(Salillas et al., 2021) llevaron a cabo una investigación denominada << **Neurofunctional Components of Simple Calculation: A Magnetoencephalography Study**>> en la cual los autores llevaron a cabo un estudio utilizando magnetoencefalografía (MEG) para investigar los componentes neuro funcionales involucrados en el cálculo simple.

El objetivo principal del estudio fue identificar los procesos cerebrales implicados en la verificación de problemas de multiplicación simples, específicamente en relación con la activación de redes de memoria aritmética y la resolución de interferencias en el procesamiento de soluciones correctas e incorrectas.

La importancia de este estudio radica en su contribución al entendimiento de la organización y la dinámica de las redes cerebrales involucradas en el cálculo simple, lo que puede tener implicaciones tanto teóricas como clínicas en el campo de la cognición numérica.

En cuanto a la metodología, reclutaron a 16 participantes y registraron la actividad cerebral utilizando MEG mientras los participantes realizaban una tarea de verificación de problemas de multiplicación. Luego, realizaron análisis de conectividad funcional y estimaciones de fuentes cerebrales para identificar las redes neuro funcionales involucradas en el cálculo simple.

En cuanto a los resultados, encontraron tres redes cerebrales principales involucradas en el cálculo simple: 1) áreas frontales inferiores bilaterales principalmente activadas en respuesta a soluciones correctas; 2) una red frontoparietal lateralizada a la izquierda activada en respuesta a soluciones incorrectas relacionadas con la tabla de multiplicar; y 3) una red frontoparietal similar en el hemisferio opuesto activada en respuesta a soluciones incorrectas

no relacionadas. Además, observaron un bucle causal bidireccional entre las áreas parietales y frontales izquierdas para soluciones relacionadas con la tabla, lo que sugiere un papel crucial de estas áreas en la resolución de la competencia aritmética.

Basado en la problemática anterior, este estudio podría tomarse como referencia al momento de analizar los estados de concentración en estudiantes, identificando la actividad cerebral en tiempo real para obtener resultados de relevancia entre sus respectivas pruebas.

(Vogel & De Smedt, 2021) denominaron su estudio como << ***Developmental brain dynamics of numerical and arithmetic abilities***>> los autores se propusieron resumir el conocimiento científico actual sobre el desarrollo de habilidades numéricas y aritméticas en el cerebro humano. Su objetivo era proporcionar una base de conocimiento confiable para la formación de maestros y profesionales en el campo, de manera que puedan evaluar críticamente las explicaciones denominadas "basadas en el cerebro".

Para lograr esto, los autores revisaron la literatura científica disponible sobre el desarrollo de habilidades numéricas y aritméticas, centrándose en la comprensión de los mecanismos cerebrales involucrados. Utilizaron datos de neurociencia cognitiva, como resonancia magnética funcional (fMRI), para investigar la actividad cerebral en relación con el procesamiento numérico y aritmético.

Los resultados de la investigación indicaron que el desarrollo de estas habilidades no puede reducirse a un solo mecanismo cognitivo o región cerebral. En cambio, es un proceso complejo y multidimensional que involucra la interacción dinámica de múltiples funciones neurocognitivas. Se observaron diferencias individuales significativas en el desarrollo de estrategias numéricas y aritméticas, y se identificaron correlaciones entre la actividad cerebral y el rendimiento en matemáticas.

Por otro lado, se podría adoptar un enfoque longitudinal, rastreando a los participantes a lo largo del tiempo para examinar cómo estas habilidades evolucionan y cambian a medida que los individuos crecen y se desarrollan. Esto puede proporcionar una comprensión más completa del proceso de desarrollo involucrado.

Taghizadeh et al., (2021) describe en la siguiente investigación <<***The neural differences of arithmetic verification performance depend on math skill: Evidence from event-related potential***>> acerca de cómo las diferencias en las habilidades matemáticas de los estudiantes se reflejan en la actividad cerebral durante la resolución de problemas aritméticos. El objetivo principal del estudio fue comprobar si la negatividad temprana

evocada por tareas de verificación aritmética podría diferenciar entre estudiantes con habilidades matemáticas altas y bajas.

La problemática que abordaron fue la comprensión de los procesos cerebrales subyacentes a las diferencias en las habilidades matemáticas entre individuos, lo que podría tener implicaciones educativas y clínicas. De igual forma, para llevar a cabo la investigación, reclutaron a 36 participantes y registraron su actividad cerebral mediante electroencefalograma (EEG) mientras completaban una tarea de verificación aritmética.

Los participantes fueron clasificados en dos grupos, uno con alto rendimiento y otro con bajo rendimiento en matemáticas. Se analizaron la precisión de las respuestas, los tiempos de reacción y la amplitud máxima de la negatividad en la ventana de tiempo de 200-400 ms. Y, los resultados mostraron que el grupo de alto rendimiento tenía tiempos de respuesta significativamente más rápidos y eran más precisos que el grupo de bajo rendimiento.

Además, se observaron diferencias significativas en la amplitud de la negatividad en diferentes regiones del cerebro entre los dos grupos. El grupo de alto rendimiento mostró una negatividad significativamente mayor, especialmente en la región parietal, mientras que el grupo de bajo rendimiento mostró una negatividad más profunda en las regiones frontal y prefrontal.

Además de centrarse en la precisión de la respuesta y los tiempos de reacción, investigaciones futuras podrían explorar la relación entre la actividad cerebral y otras medidas del rendimiento en matemáticas, como las puntuaciones de los exámenes estandarizados o el rendimiento académico general. Esto ayudará a comprender mejor la relación entre la actividad cerebral y las técnicas de estudio.

(Ramírez-Moreno et al., 2021) presentó un estudio similar denominado << **EEG-Based Tool for Prediction of University Students' Cognitive Performance in the Classroom** >> el cual estableció una herramienta de aprendizaje automático basada en EEG para predecir el rendimiento cognitivo de los estudiantes universitarios en el aula.

La problemática abordada fue la necesidad de evaluar de manera cuantitativa la eficacia de diferentes enfoques de aprendizaje y la identificación de las condiciones óptimas de aprendizaje personalizadas. Para abordar esta problemática, se implementó un protocolo experimental que incluyó la adquisición de señales de EEG de 20 voluntarios mientras realizaban tareas de aprendizaje en dos grupos: uno que recibió información a través de texto y otro a través de video.

Los resultados mostraron que el grupo de video obtuvo un mejor rendimiento que el grupo de texto, y se identificó una correlación negativa entre el rendimiento de los estudiantes y el cociente (theta/alpha) y la potencia delta, que son indicativos de fatiga mental y somnolencia. La herramienta de aprendizaje automático desarrollada logró una precisión del 85% en la predicción del rendimiento de aprendizaje, así como la identificación correcta del grupo de video como la modalidad más eficiente.

El estudio demostró que las mediciones de EEG pueden servir como biomarcadores de rasgos cognitivos para evaluar diferentes modalidades de enseñanza y aprendizaje, y que el modelo desarrollado puede predecir el rendimiento de los estudiantes en tareas de aprendizaje.

Además de predecir el rendimiento académico, investigaciones futuras podrían explorar la relación entre las mediciones de EEG y otros factores académicos, como el rendimiento en pruebas estandarizadas, la satisfacción de los estudiantes con el proceso de aprendizaje o la retención a largo plazo del conocimiento adquirido. Esto proporcionará una comprensión más completa de la relación entre las mediciones de EEG y el rendimiento académico general.

(You, 2021) explica en su investigación << **Classification of Relaxation and Concentration Mental States with EEG**>> acerca de experimentos para clasificar los estados mentales de concentración y relajación utilizando dispositivos EEG de bajo costo. Esto es importante porque puede tener aplicaciones en el campo de la salud, especialmente en el monitoreo de la atención y el estrés.

El objetivo del estudio es investigar la viabilidad de utilizar dispositivos EEG de bajo costo para clasificar los estados mentales de concentración y relajación. Los investigadores buscan determinar si es posible distinguir entre estos dos estados mentales utilizando un enfoque de bajo costo, lo que podría tener implicaciones significativas en el desarrollo de tecnologías de monitoreo de la salud basadas en EEG.

Los investigadores realizaron experimentos con dos grupos de sujetos para verificar la reproducibilidad de los resultados. Utilizaron diferentes modelos de clasificación y técnicas de reducción de dimensionalidad para analizar los datos del EEG. Los resultados mostraron que, en promedio, la precisión de la clasificación de los estados mentales fue del 80% o más cuando

se utilizaron modelos individualizados para cada sujeto. Además, encontraron que el uso de un ancho de banda más amplio tendía a mejorar la precisión en la mayoría de los casos.

Además de los estados mentales de concentración y relajación, futuras investigaciones podrían explorar la clasificación de otros estados mentales relacionados, como la ansiedad, el estrés o la fatiga. Esto proporcionará una comprensión más completa de cómo se pueden utilizar equipos de EEG de bajo costo para monitorear y clasificar diferentes aspectos de la salud mental.

(Astalini et al., 2021) comparan en su investigación titulada << **Male or Female, who is better? Students' Perceptions of Mathematics Physics E-Module Based on Gender** >> los estudios para analizar las percepciones de los estudiantes de física de la Universidad de Jambi sobre un módulo electrónico de física-matemática, centrándose en las diferencias de género y calificaciones.

El objetivo principal fue responder a dos preguntas: 1) ¿Cómo perciben los estudiantes de las clases A, B y C el módulo electrónico de física-matemática basado en el género? y 2) ¿Cuáles son las diferencias en las percepciones de las estudiantes basadas en diferencias de género en las calificaciones A, B y C?

Esta investigación es importante porque las percepciones de los estudiantes pueden influir en su aprendizaje y desempeño académico. Además, entender estas percepciones puede ayudar a preparar a los estudiantes para convertirse en buenos profesores en el futuro, especialmente en cursos de matemáticas y física.

Así mismo, la metodología utilizada fue la investigación cuantitativa con un enfoque descriptivo estadístico. Se recopiló información a través de un cuestionario de percepción completado por los estudiantes, utilizando una escala Likert de 4 puntos. La muestra consistió en 120 estudiantes de las clases A, B y C, de los cuales 45 eran hombres y 75 mujeres, seleccionados mediante muestreo aleatorio simple.

Los resultados mostraron que la percepción de los estudiantes sobre el módulo electrónico de física-matemática variaba según el género y las calificaciones. Se utilizó el software SPSS para analizar descriptivamente los datos recopilados a través de los cuestionarios de percepción.

Además de los estados mentales de concentración y relajación, se podrían explorar la clasificación de otros estados mentales relacionados, como la ansiedad, el estrés o la fatiga.

Esto proporcionará una comprensión más completa de cómo se pueden utilizar equipos de EEG de bajo costo para monitorear y clasificar diferentes aspectos de la salud mental.

(Murphy-Graham et al., 2021) describe en su investigación <<**Examining school dropout among rural youth in Honduras: Evidence from a mixed-methods longitudinal study**>> un estudio longitudinal de métodos mixtos para examinar los patrones de abandono escolar entre una cohorte de 1305 jóvenes rurales hondureños desde que estaban en sexto grado hasta los 20 años. El estudio se centró en identificar los factores que influyen en el abandono escolar, cómo los jóvenes explican su decisión de abandonar la escuela y qué papel desempeña el género en este proceso.

La importancia de esta investigación radica en abordar un problema significativo en Honduras, donde el abandono escolar es un desafío importante que afecta a la juventud rural. El objetivo principal era comprender el fenómeno del abandono escolar y sus causas, así como identificar posibles soluciones o intervenciones para abordar este problema.

La metodología utilizada incluyó la recopilación de datos a lo largo de varios años a través de encuestas a estudiantes y hogares, así como entrevistas en profundidad. Se aplicaron análisis cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión integral de los factores que contribuyen al abandono escolar.

Además, los resultados obtenidos revelaron que el abandono escolar es un problema significativo, especialmente durante los años de transición y el primer año de educación secundaria. Se identificaron factores como la pobreza, el bajo rendimiento académico, las normas de género y la falta de oportunidades.

No obstante, se puede tomar como referencia el estudio para informar políticas y programas destinados a reducir el abandono escolar entre la juventud rural. Además, hay que destacar la necesidad de abordar las barreras económicas y de género que contribuyen al abandono escolar. Aunque este estudio se centra en los jóvenes rurales de Honduras, sería valioso comparar las tasas de deserción escolar rural y urbana. Esto proporcionará una mejor comprensión de las diferencias y similitudes de los factores que afectan la deserción escolar en diferentes entornos, lo que puede tener implicaciones importantes para el diseño de políticas y programas específicos de cada contexto.

(Tayebi et al., 2021) explica a través de su investigación denominada <<**Analysis on the Lack of Motivation and Dropout in engineering Students in Spain**>> como llevaron a cabo un estudio para analizar las razones detrás de la falta de motivación y el abandono de

los estudios en estudiantes de ingeniería en España. El objetivo principal fue identificar los factores que afectan el grado de motivación de los estudiantes de ingeniería eléctrica y computacional, así como las principales razones detrás del abandono de sus estudios.

Para abordar este problema, los autores llevaron a cabo una encuesta completada por 624 estudiantes pertenecientes a 8 universidades españolas. La encuesta evaluó los factores que podrían influir en el abandono de los estudios y aquellos que afectan la motivación para continuar estudiando. Se realizaron análisis no paramétricos para probar la asociación de la motivación y la probabilidad auto informada de abandono con varias variables.

Así mismo, La importancia de esta investigación radica en el alto índice de abandono de estudios en el ámbito de la ingeniería, lo cual tiene repercusiones negativas tanto en la capacidad de formar profesionales en sectores tecnológicos como en el impacto económico asociado. Reflejando resultados que 23 de los 40 factores analizados están correlacionados con el grado de motivación, y 14 factores están correlacionados con la probabilidad auto informada de abandono. Además, se encontró que el 46% de los estudiantes había pensado en abandonar en algún momento, y las principales razones para el abandono fueron la dificultad, el bajo rendimiento académico y las relaciones negativas con los profesores.

Con base en este estudio, se pueden aplicar estrategias y programas de apoyo que aborden específicamente estos factores, con el fin de mejorar la retención de estudiantes y reducir las tasas de abandono en programas de ingeniería.

Aunque este estudio identificó una serie de factores motivacionales y su correlación con la deserción escolar, es posible desarrollar una comprensión más profunda de estos factores y cómo influyen en la motivación de los estudiantes de ingeniería eléctrica e informática. Examinar en detalle factores como el interés en el tema, la relevancia percibida del estudio, el apoyo académico y las perspectivas de empleo. Esto puede ayudar a diseñar estrategias específicas para fomentar la motivación y el compromiso de los estudiantes en proyectos de ingeniería.

(Chowdhuri & MAL, 2022) los autores establecen << **Concentration level detection for left/right brain dominance using electroencephalogram signal**>> analizar los niveles de concentración de personas con dominancia cerebral izquierda y derecha utilizando señales de electroencefalograma (EEG). El objetivo principal era comparar los niveles de concentración de personas con diferentes dominancias cerebrales y, de manera inversa, utilizar la señal de EEG para predecir si una persona tiene dominancia cerebral izquierda o derecha.

Para abordar su objetivo, los investigadores adquirieron señales de EEG de la región frontal y temporal de ambos hemisferios cerebrales. Utilizaron el Hermann Brain Dominance Instrument (HBDI) para evaluar la dominancia cerebral de los participantes. Luego, aplicaron técnicas de procesamiento de señales EEG, como la eliminación de ruido y el cálculo de la densidad espectral de potencia (PSD) para analizar las características de las señales de EEG.

La importancia de esta investigación radica en la posibilidad de comprender mejor cómo funciona el cerebro humano y cómo se relaciona con la concentración y la dominancia cerebral. Esto puede tener aplicaciones prácticas en el diseño de programas de entrenamiento y educación adaptados a las necesidades individuales de las personas, especialmente en entornos educativos.

Y, los resultados mostraron que la PSD de la señal de EEG era más alta en las bandas de frecuencia Theta, Beta y Gamma para las personas con dominancia cerebral izquierda en comparación con las personas con dominancia cerebral derecha. Esto sugiere una correlación entre la dominancia cerebral y los niveles de concentración, lo que respalda la idea de que la dominancia cerebral puede influir en la concentración de una persona.

Aunque este estudio se centró en la atención, sería interesante explorar cómo la dominancia cerebral afecta a otras funciones cognitivas como la memoria, el procesamiento visual o la toma de decisiones. Esto permite una comprensión más completa de cómo la organización del cerebro afecta el rendimiento cognitivo y cómo este conocimiento se puede aplicar en entornos educativos y de formación.

(Luo et al., 2023) presenta su estudio denominado <<***Investigation and analysis of mathematics anxiety in middle school students***>> el cual se centró en la relación entre la ansiedad matemática, el rendimiento, el interés y la auto eficiencia estudiantil.

El objetivo del estudio fue analizar el impacto de la ansiedad matemática en el rendimiento, el interés y la auto eficiencia de los estudiantes, e identificar diferencias de género y grado en los niveles de ansiedad. Tuvo como objetivo resaltar la importancia de abordar las experiencias emocionales de los estudiantes en la enseñanza de las matemáticas y brindar asistencia psicológica a estudiantes con altos niveles de ansiedad.

Además, el estudio destaca la importancia de abordar las experiencias emocionales de los estudiantes en la enseñanza de las matemáticas y la necesidad de asistencia psicológica para estudiantes con altos niveles de ansiedad. Por ende, se utilizaron cuestionarios con buena confiabilidad y validez para recopilar datos de 311 estudiantes de secundaria. Utilizando

preguntas objetivas como subjetivas para ser procesadas a través del software SPSS Software. Como subsiguiente, los resultados mostraron una correlación negativa significativa entre el rendimiento en matemáticas y la ansiedad, así como diferencias de género y grado en los niveles de ansiedad.

No obstante, con base en este estudio, se podría implementar medidas para estimular el interés de los estudiantes, aumentar su confianza en sí mismos y abordar sus experiencias emocionales en la enseñanza de las matemáticas. Además, brindar asistencia psicológica a estudiantes con altos niveles de ansiedad para mejorar sus experiencias y resultados de aprendizaje.

Sería beneficioso implementar estrategias de enseñanza que hagan que las matemáticas sean más atractivas y relevantes para los estudiantes. Esto puede incluir el uso de ejemplos y aplicaciones prácticas, alentar a los estudiantes a participar activamente en el proceso de aprendizaje y conectar conceptos matemáticos con situaciones de la vida real.

## **2.2 PROBLEMÁTICA**

Las tasas de reprobación en física en América Latina son muy altas, alcanzando el 40% en las escuelas secundarias y el 30% en las universidades, lo que ha tenido un impacto negativo en la educación y el desarrollo económico. Los estudiantes que reprueban física tienen menos probabilidades de continuar estudiando, lo que limita sus oportunidades laborales y puede provocar el abandono escolar (Zapata et al., 2019).

Las razones de este problema son complejas y multifacéticas, incluida la preparación insuficiente de los estudiantes en matemáticas y ciencias básicas, la falta de recursos educativos y materiales didácticos, la falta de profesores de física o métodos de enseñanza tradicionales, centrándose en la memorización de fórmulas y conceptos abstractos.

Por otro lado, los estados de ánimos o factores psicológicos están asociadas con una mayor actividad cerebral en áreas específicas con la motivación, la atención y la resolución de problemas. Actualmente, existen estadísticas globales que establecen el 50% de los estudiantes de matemáticas y física de América Latina experimentan ansiedad y el 40% experimentan frustración (Soto & Cervantes, 2023). Esto puede explicar por qué los estudiantes con emociones positivas tienden a obtener mejores resultados y desempeño en física que los estudiantes con emociones negativas.

Específicamente, las emociones positivas pueden ayudar a los estudiantes de física a establecer metas, motivarse para estudiar, concentrarse en las tareas y ser más creativos

y flexibles al resolver problemas. Las emociones negativas, por otro lado, pueden dificultar que los estudiantes se concentren, aprendan nuevos conceptos y encuentren soluciones creativas.

El estudio de las ondas cerebrales mediante pruebas académicas aplicadas en estudiantes universitarios de Física I plantea una problemática compleja y multidimensional. La naturaleza intrincada del contenido académico de la Física es caracterizada por conceptos abstractos y desafiantes, generando interrogantes sobre cómo estas demandas cognitivas se reflejan en las ondas cerebrales durante el proceso de aprendizaje y evaluación matemática (Szabo et al., 2020).

Además, la conexión entre el estrés académico, vinculado a exámenes o pruebas, se ve reflejado a través de las ondas cerebrales, presentándose como un aspecto crucial, explorando cómo el estrés afecta la concentración y el rendimiento académico. Así mismo, (Ramírez-Moreno et al., 2021) explica la diversidad de perfiles cognitivos y estilos de aprendizaje entre los estudiantes añadiendo complejidad, planteando si existen patrones distintivos en las ondas cerebrales asociados a enfoques particulares.

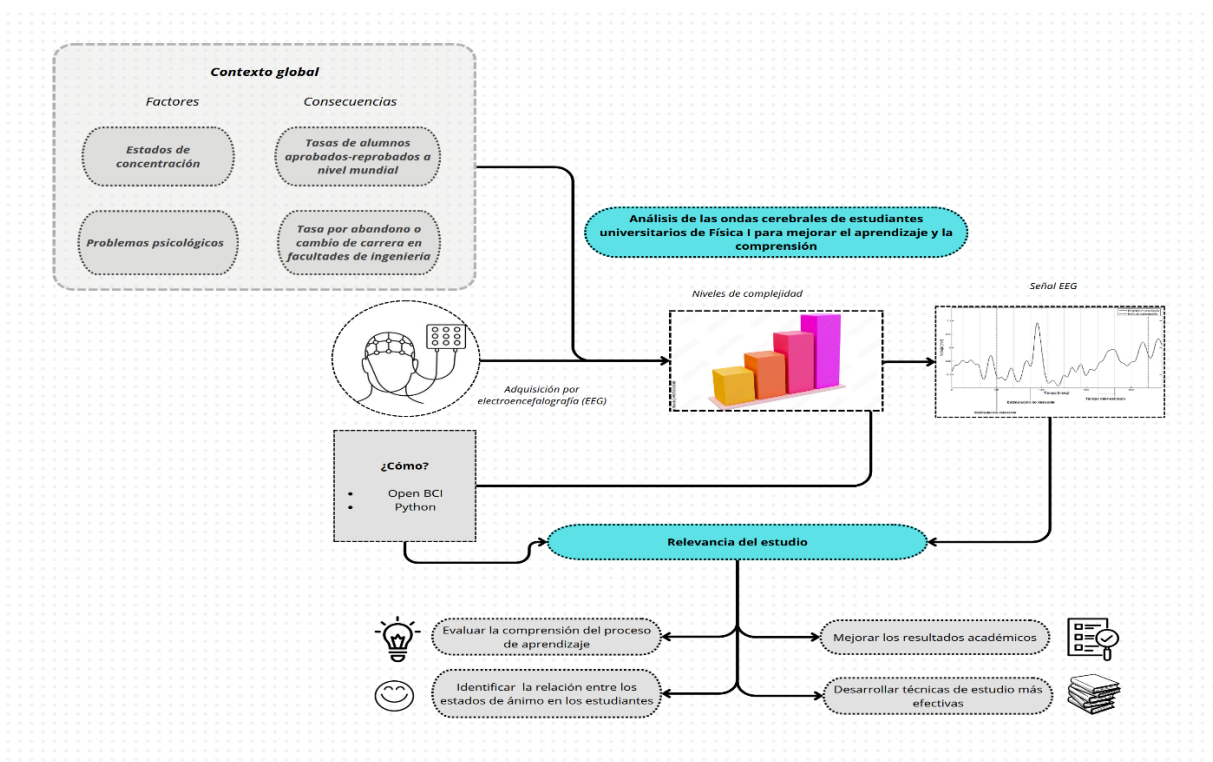
El enfoque de estudio se centra en la aplicación de pruebas académicas para analizar las ondas cerebrales en estudiantes de Física, buscando identificar patrones específicos relacionados con la comprensión de conceptos, la resolución de problemas y el aprendizaje de habilidades matemáticas. Este enfoque permitirá explorar la relación entre las experiencias académicas, el estrés, la diversidad cognitiva con las manifestaciones en las ondas cerebrales y sobre todo los estados de concentración de los estudiantes, con el objetivo de mejorar las estrategias pedagógicas y el bienestar de los estudiantes.

De igual manera, abordar cuestiones éticas y de privacidad en la recopilación de datos sobre ondas cerebrales. Estas problemáticas integrales requieren atención detallada para avanzar en la comprensión de la relación entre las ondas cerebrales y el proceso educativo en estudiantes de Física I.

Además, el estudio de las ondas cerebrales en estudiantes universitarios, como disciplina emergente enfrenta desafíos adicionales. A su vez, la novedad de esta disciplina plantea la necesidad de realizar más investigaciones para comprender mejor la relación entre las ondas cerebrales, los procesos cognitivos y los niveles de complejidad numérica o analítica (Molina del Río et al., 2019).

A pesar de estos desafíos, este estudio tiene el potencial de proporcionar información valiosa para el desarrollo de métodos de enseñanza más efectivos y adaptados a las necesidades individuales. Identificar patrones de activación cerebral asociados a la comprensión de conceptos físicos podría contribuir a la creación de materiales didácticos y estimulantes, fomentando un aprendizaje más profundo y significativo (Ilustración 1).

### 2.3 IMAGEN INTEGRADORA



**Ilustración 1.- Imagen Integradora**

La representación gráfica (Ilustración 1) parte del interés y el fenómeno de las altas tasas de alumnos reprobados de física a nivel mundial. En conjunto con la anomalía del cambio de carrera en las facultades de ingeniería, surge la necesidad e interés de poder contextualizar y comprender el entorno de trabajo. Lo que deja como planteamiento de poder identificar y explorar las diversas metodologías estudiantiles, es decir, desde sus técnicas de estudio, estados de ánimo o psicológicos y estados de concentración ante distintos niveles de complejidad matemática.

Posterior a la definición del problema y las metodologías de trabajo mencionadas anteriormente, se espera conocer como estos factores tienen una influencia relevante en

las estadísticas en cuanto al recuento de recopilación de datos por parte de los estudiantes de la asignatura de Física I.

Seguidamente, la continuación de esta etapa se centra en la adquisición de señales análogas por medio de la técnica de electroencefalografía, mejor conocida como (EEG). Todo esto, a través del procesamiento y tratamiento de señales utilizando softwares como Open BCI y Python para segmentar y delimitar cualquier tipo de interferencia en el proceso de obtención de datos. Con el fin de identificar, analizar y comparar patrones relevantes y enriquecedores con base al aprendizaje continuo.

Así mismo, se espera obtener conclusiones acerca del desenvolvimiento por parte de los estudiantes de Física I. Presentando la relevancia del estudio en cuatro ejes fundamentales, que van desde a) Evaluación de comprensión del proceso de aprendizaje, b) Identificar la comprensión y relación entre los estados de ánimo, c) Mejorar resultados académicos y d) Desarrollar técnicas de estudio más efectivas, que permiten mejorar los resultados esperados por parte de los estudiantes universitarios.

## 2.4 LIMITACIONES

**Tabla 1.- Limitantes de estudios previos**

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Copello et al, (2017)	Estados Unidos	Resolución de problemas simples.	No logró replicar los hallazgos de Earle (1985).	El estudio no logró obtener resultados similares a los del estudio original. La limitación detallada es que el estudio proporciona información sobre los factores a considerar al medir la banda alfa con un EEG, pero no pudo replicar los hallazgos de Earle (1985).
Hendriana et al, (2018)	India	Diseño de grupo de control pretest-postest.	Reducción limitada de muestra de estudio.	Solo involucraba a estudiantes de décimo grado, lo que limita la generalización de los resultados a otros niveles educativos. Además, el estudio se llevó a cabo en una ubicación específica, lo que también puede limitar la generalización de los resultados.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Molina del Río et al., (2019)	Estados Unidos	Evaluar la activación y correlación electroencefalográfica (EEG) de las regiones prefrontal, temporal y parietal	Variación considerable en la longitud de los textos que describen los problemas lógico-matemáticos simples y complejos	La variación en la longitud de los textos puede afectar la comparación entre los dos tipos de problemas. Además, no se pudo registrar y analizar la actividad EEG específica de las diferentes fases involucradas en la resolución de los problemas matemáticos presentados, como la lectura de palabras, la comprensión del texto, el razonamiento y el cálculo mental.
Grundy et al, (2019)	Canadá	Analizar la relación entre la complejidad de la señal cerebral y la dificultad en una tarea de función ejecutiva	No se encontró una diferencia en la complejidad de la señal cerebral entre los participantes con un rendimiento alto y bajo	Debido a esto, un análisis exploratorio reveló una reorganización funcional en adultos jóvenes a medida que aumenta la dificultad de la tarea, lo que sugiere un cambio hacia módulos locales altamente conectados durante tareas exigentes.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Artemenko et al, (2019)	Hungría	Determinar cómo las diferencias individuales en la habilidad matemática afectan el procesamiento neurocognitivo de la complejidad aritmética.	Selección de participantes con habilidades matemáticas altas y bajas.	La disponibilidad limitada de participantes llevó a la selección de grupos de alta y baja habilidad matemática. Lo que podría afectar la representatividad de los grupos y la generalización de los resultados a la población en general.
Daly et al., (2019)	Reino Unido	Analizar la motivación de los estudiantes al resolver problemas matemáticos	No se realizó una medición directa de la dificultad percibida de los problemas por parte de los participantes.	La limitación se detalla al mencionar que la dificultad es una medida subjetiva del desafío que presenta un problema y que, desafortunadamente, no se llevó a cabo una consulta directa sobre la dificultad de la tarea durante el estudio.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Delima et al, (2019)	Taiwán	Describir la forma en que el pensamiento matemático de los estudiantes se relaciona con su estilo de aprendizaje.	No se encontró una relación significativa entre el pensamiento matemático de los estudiantes y su estilo de aprendizaje.	Se observaron diferencias en el pensamiento matemático de las estudiantes basadas en su estilo de aprendizaje, estas diferencias no fueron lo suficientemente significativas como para establecer una relación clara entre ambos factores.
Soltanlou et al, (2019)	Alemania	Identificar los cambios neurofisiológicos relacionados con el aprendizaje aritmético en niños.	Tamaño de muestra pequeño, con un total de 24 participantes.	Al tener una muestra pequeña, los resultados pueden estar sesgados y no reflejar la variabilidad que podría existir en la población infantil en general. Además, los resultados podrían no ser generalizables a otros grupos de edad o a niños con diferentes niveles de habilidad matemática.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Rokhima et al, (2019)	Taiwán	Describir el proceso de resolución de problemas matemáticos basado en el estilo de aprendizaje de Kolb.	Reducción de muestra para el estudio.	La limitación detallada es que el estudio solo se realizó en una escuela secundaria nacional en Pekalongan, lo que limita la generalización de los resultados a otras poblaciones estudiantiles.
Prahmana et al, (2019)	China	Identificar estados de ansiedad en estudiantes de ingeniería	Muestra comprometida en etapa de vacaciones.	La limitación de del estudio es que se realizó durante las vacaciones (después de los exámenes finales), lo que podría afectar la representatividad de los resultados. Además, la muestra de participantes fue seleccionada por los profesores, lo que podría introducir un sesgo en la selección de los encuestados.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Zaeni et al, (2019)	Indonesia	Detección del nivel de concentración utilizando la señal de EEG (electroencefalografía) durante la práctica de lectura	La red neuronal artificial (ANN) es del 73.81%, lo que se considera razonable pero no óptimo. .	El modelo tiene dificultades para estimar puntajes bajos, y aunque puede proporcionar una buena estimación para puntajes altos, todavía necesita mejoras para lograr una precisión más alta en general. Además, se superó el porcentaje presentado.
Yanes et al, (2020)	Estados Unidos	Evaluar el efecto de la dificultad de la tarea en el procesamiento de retroalimentación en niños de 7 a 11 años	Carencia de sensibilidad de retroalimentación relacionada con el error (FRN) a la dificultad de la tarea	Se encontró que la amplitud de la retroalimentación relacionada con el P300 y una positividad fronto-central que seguía al FRN fueron mayores en la tarea fácil, lo cual es opuesto a lo reportado previamente en adultos.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Nassehi et al (2020)	Turqía	Identificar marcadores basados en EEG para el diagnóstico de dificultades matemáticas	Número limitado de participantes (20 en total) y se enfoca en un rango de edad específico (16-22 años).	Esto podría limitar la generalización de los resultados a una población más amplia, ya que las dificultades matemáticas pueden manifestarse de manera diferente en diferentes grupos de edad.
Lawson et al, (2020)	Reino Unido	Apoyo en matemáticas en la educación superior	Sesgo de publicación, alcance de la literatura y acceso a recursos académicos	En cuanto al sesgo de publicación, existe la posibilidad de inclusión de estudios publicados en revistas académicas. Además, A pesar de los esfuerzos por abarcar una amplia gama de fuentes, es posible que algunos estudios relevantes no hayan sido incluidos en la revisión, lo que podría limitar la exhaustividad de los hallazgos.

<b>Autores</b>	<b>País de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Purwanto et al, (2020)	Indonesia	Analizar la habilidad de pensamiento crítico matemático en relación con los estilos de aprendizaje de los estudiantes.	Carencia en la interacción significativa entre los estilos de aprendizaje de los estudiantes y las habilidades de pensamiento crítico matemático.	A pesar de que se encontraron diferencias en los resultados de aprendizaje matemático basados en los estilos de aprendizaje y las habilidades de pensamiento crítico, no se observó una influencia significativa de los estilos de aprendizaje en las habilidades de pensamiento crítico matemático de los estudiantes.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Salillas et al (2021)	Italia	Comprensión de los mecanismos cerebrales involucrados en la realización de cálculos matemáticos simples	Déficit de resolución temporal en las imágenes de resonancia magnética funcional	El estudio reconoce que las imágenes de fMRI carecen de resolución temporal, lo que limita la capacidad para comprender completamente cómo se maneja el procesamiento de la información por parte de una red cerebral distribuida.
Vogel y De Smedt et al, (2021)	Bélgica	Revisar y resumir el conocimiento científico sobre las redes cerebrales asociadas con las habilidades numéricas y aritméticas.	Gran parte del conocimiento sobre los mecanismos cerebrales está relacionado con estudios en adultos.	La carencia de investigaciones longitudinales limita la comprensión de si las anomalías estructurales y funcionales del cerebro en la discalculia son la causa o el resultado del trastorno del aprendizaje.

<b>Autores</b>	<b>País de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Moreno et al (2021)	México	Desarrollo de una herramienta de aprendizaje automático basada en EEG para predecir el rendimiento cognitivo de los estudiantes universitarios en diferentes modalidades de aprendizaje	Tamaño de la muestra, ya que solo se reclutaron diez voluntarios para cada grupo (texto y video).	El estudio reconoce que las imágenes de fMRI carecen de resolución temporal, lo que limita la capacidad para comprender completamente cómo se maneja el procesamiento de la información por parte de una red cerebral distribuida.
Taghizadeh et al, (2021)	Irán	Identificar las diferencias neurales en el rendimiento de la verificación aritmética en función de la habilidad matemática	Los hallazgos no pueden generalizarse a otras tareas y configuraciones experimentales	Se reconoce que los artefactos pueden afectar la expresión electrofisiológica de los procesos evaluados en los datos de EEG, lo que puede influir en la interpretación de los resultados.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
You et al, (2021)	Taiwán	Clasificación de estados mentales de concentración y relajación utilizando EEG (Electroencefalografía).	Carencia de un estado activo de los participantes y una muestra reducida de estudio.	El estudio observó que los sujetos no podían concentrarse adecuadamente si estaban somnolientos, lo que sugiere la necesidad de verificar el estado de alerta de los sujetos antes de las pruebas. Además, la uniformidad del grupo en cuanto a edad y antecedentes educativos puede limitar los resultados a poblaciones más diversas.
Astalini et al, (2021)	Indonesia	Recopilación datos numéricos sobre las percepciones de los estudiantes en relación con el módulo electrónico de física-matemática	Se centró únicamente en las percepciones de los estudiantes sobre los módulos electrónicos y una muestra concentrada en un solo ambiente.	La limitación principal radica en la falta de generalización de los hallazgos a otros grupos de estudiantes o contextos educativos y centralización en percepciones electrónicas de los estudiantes.

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Murphy et al, (2021)	Estados Unidos	Recopilación de datos longitudinales y mixtos	Carencia de financiamiento y poco registro de variables	las limitaciones del estudio incluyen la falta de datos durante ciertos años y la ausencia de medidas de todas las posibles variables de confusión, lo que podría haber afectado la exhaustividad y precisión de los resultados obtenidos.
Tayebi et al, (2021)	España	Análisis estadísticos no paramétricos para probar la asociación de la motivación y la probabilidad de abandono	Déficit de comprensión e interpretación de resultados	La mayoría de los datos se recopilaron a través de cuestionarios, con solo unas pocas entrevistas realizadas. Esto podría limitar la profundidad de la comprensión de los resultados, ya que las entrevistas podrían haber proporcionado información adicional y perspectivas más detalladas

<b>Autores</b>	<b>Pais de estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de la limitación</b>
Chowdhuri et al (2022)	India	Detección de los niveles de concentración de personas con dominancia cerebral izquierda y derecha	Insuficiencia de datos al capturar completamente la complejidad de la función cerebral y la concentración.	El estudio se basa en la adquisición y procesamiento de señales EEG, lo que puede limitar la generalización de los resultados a otros métodos de medición de la concentración.
Lou et al, (2023)	China	Describir la relación entre estados psicológicos y las matemáticas	Muestra reducida solamente enfocada en estudiantes de secundaria	La limitación del estudio es que solo se enfocó en estudiantes de secundaria, y el detalle de la limitación es que puede no representar completamente las experiencias de estudiantes de otros niveles educativo

Fuente: Elaboración propia

### III OBJETIVOS

El presente capítulo está destinado a presentar los objetivos que guían a esta investigación en el ámbito de estudio del comportamiento de ondas cerebrales a través de técnicas de electroencefalografía en conjunto con distintos niveles de complejidad académica y estados psicológicos.

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la relación entre los niveles de complejidad de los problemas de física y los estados de concentración de los estudiantes de física I, mediante el estudio del comportamiento de las ondas cerebrales.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los estados de concentración de los estudiantes de física I al resolver problemas de diferentes niveles de complejidad.
- Analizar la relación entre los niveles de complejidad de los problemas, los estados de concentración y los cambios en los estados de ánimo de los estudiantes de física I a través del estudio del comportamiento de las ondas cerebrales.
- Identificar las diferencias en el comportamiento de las ondas cerebrales de los estudiantes de física I al resolver problemas de diferentes niveles de complejidad.
- Explorar la influencia de factores externos en el entorno de estudio y duración de la sesión de resolución de problemas, en la variabilidad de los patrones de ondas cerebrales de los estudiantes de física I.

## **IV METODOLOGÍA**

En la presente sección, se detalla a continuación la metodología de la investigación, la cual consiste en un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) y se centra en la relación entre la actividad cerebral involucrada en los estados de concentración de los estudiantes de física I. Se utiliza de primera instancia un diseño experimental y exploratorio que involucra dos variables: Grado de dificultad de evaluación y duración de ésta. Así mismo, la población involucrada está compuesta por 8 estudiantes universitarios.

La recopilación de datos se lleva a cabo en un entorno controlado, donde los participantes se desenvuelven para realizar las evaluaciones correspondientes, es decir (Nivel 1 y Nivel 2) con un tiempo establecido. Por consiguiente, para analizar las señales EEG, se emplean herramientas como Open BCI y Python.

### **4.1 ENFOQUE**

La presente investigación, se diseñó bajo un enfoque mixto, enfocándose en la recopilación de datos numéricos y el análisis observacional de los estudiantes de Física I. El propósito fue comprender y estudiar la activación cerebral y su posible relación entre los distintos niveles de dificultad, estados de concentración y estados de ánimos.

Dado un contexto en el que las investigaciones previas de esta rama son escasas a nivel nacional, se establece un alcance del estudio como exploratorio y experimental. Permitiendo una brecha entre el nuevo conocimiento del comportamiento de las ondas cerebrales y su influencia ante los estados de concentración y niveles de complejidad. Por otro lado, se estipuló que la selección preliminar de la muestra se llevaría a cabo de manera no probabilística, seleccionando aleatoriamente a los 8 estudiantes universitarios (Tabla 2).

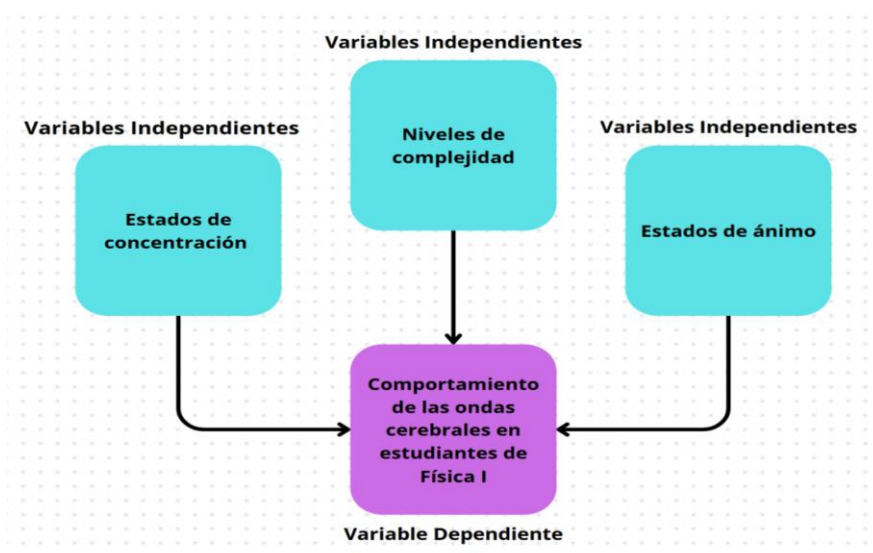
**Tabla 2.- Metodología de Investigación**

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Enfoque	Mixto
Tipo de Diseño	Experimental
Tipo de Alcance	Exploratorio
Tipo de Muestras	No Probabilística

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Para el diseño de esta investigación, se determinó la importancia de estructurar y analizar las variables presentes, anticipando de antemano que serían fundamentales para la comprensión e interpretación de datos que se recolectarían. Se definió por segmentar las variables en dos grupos (Dependientes e independientes). Basándose en la importancia y alcance de este estudio (Ilustración 2).



**Ilustración 2.- Variables de Investigación**

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

A continuación, se plantean la descripción de tres variables independientes que afectarían el comportamiento de las ondas cerebrales en estudiantes de física I.

- **Estados de concentración:** Se contempló en primera instancia la importancia de la actividad cerebral como variable dependiente. Se teorizó medirla a través de las bandas de poder o mejor conocidas como bandas de frecuencia, con sus respectivos elementos, desde las ondas Alfa, Beta, Delta y Gamma utilizando el casco de EEG (Mark IV - Ultracortex). Dicho lo anterior, la base detrás del siguiente elemento se fundamentó en la hipótesis, de que los estados de concentración podrían experimentar variaciones al mantener cargas cognitivas por un determinado tiempo.
- **Estados de ánimo:** Se proyectó en recopilar datos a través de una encuesta inicial formal y subsiguiente una encuesta de seguimiento a través de los estudiantes de física I. La razón detrás de esta variable se debe a la hipótesis preliminar de que dichos estados de ánimo podrían afectar en el desarrollo y ejecución de las evaluaciones correspondientes asignadas, teniendo como impacto posibles alteraciones en los resultados.
- **Niveles de complejidad:** Se teorizó que el nivel de complejidad podría ser establecido acorde al progreso de los estudiantes de física I, a lo largo de las semanas. Así mismo, proponiendo temas específicos según el cronograma de actividades de la clase a evaluar. Por esta razón, se planteó en dividir a los participantes con base en un progreso desde semana 2, semana 4 y semana 6 respectivamente en jornadas de veinte minutos por alumno. Con ello, se buscaba determinar si existían o no variaciones en cuanto a la carga cognitiva y el comportamiento de las ondas cerebrales.

#### 4.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

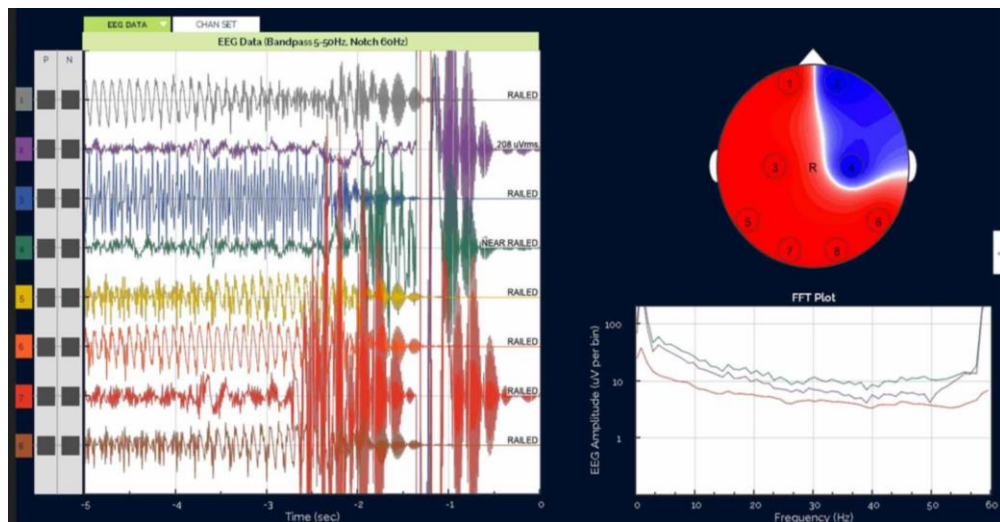
- **Comportamiento de las ondas cerebrales:** Se determinó que la influencia de las variables mencionadas anteriormente, podrían tener variaciones en cuanto a sus intervalos, amplitudes, patrones de actividades regulares o irregulares e incluso información relevante en cuanto a la sincronización de ejecución y desarrollo evaluativo.

### 4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

En la presente sección, se describen el conjunto de herramientas y técnicas empleadas en cuanto a la recopilación, procesamiento y análisis de las señales de EEG.

#### 4.3.1 OPEN BCI – GUI

Open BCI es una plataforma de hardware y software de código abierto que permite a investigadores y desarrolladores crear interfaces cerebro-computadora (BCI). Una interfaz cerebro-computadora es un dispositivo que permite a las personas controlar un dispositivo o sistema informático con sus pensamientos. El contexto detrás de la empleabilidad y utilización de la interfaz de Open BCI se centró en la eficiencia de adquisición de señales electroencefalográficas (EEG) y el modo no invasivo ante la manipulación del usuario. Por otro lado, este software, permite medir diferentes estados de conciencia, como la atención, la concentración y el estado de ánimo en tiempo real (Ilustración 3).



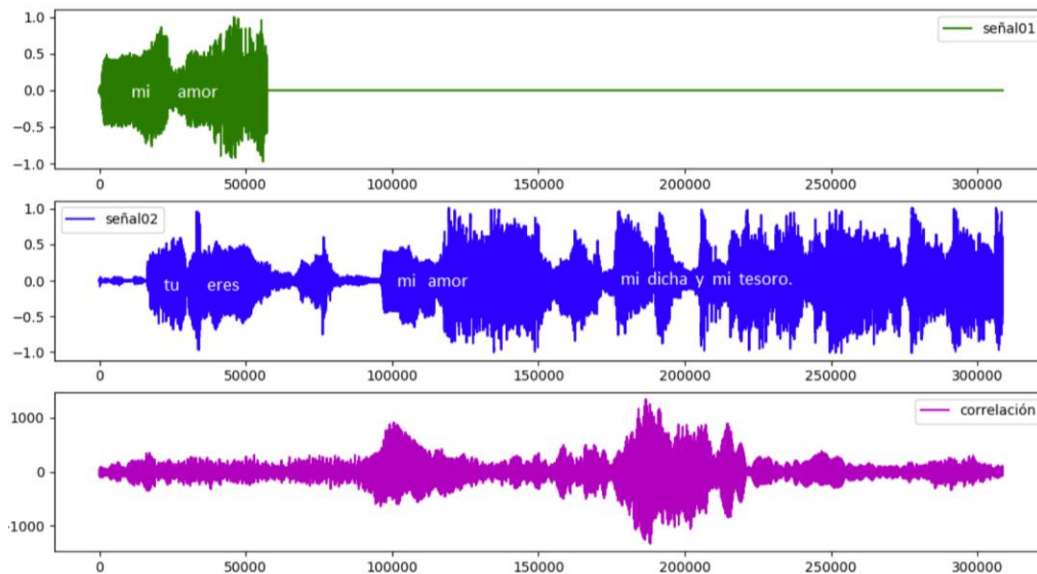
**Ilustración 3.- Interfaz de Usuario (Open BCI)**

Fuente: (*OpenBCI – Open-Source EEG – Open Source Imaging*, s. f.)

#### 4.3.2 PYTHON

Python es un lenguaje de programación de alto nivel y de propósito general que se ha vuelto muy popular en el campo de la ciencia de datos y la ingeniería. Es conocido por su simplicidad, legibilidad y su amplia gama de bibliotecas y herramientas disponibles. De primera instancia, se seleccionó Python debido a que es una herramienta de análisis de datos flexible y fácil de aprender. Python también es una herramienta ampliamente utilizada en la

investigación científica, lo que significa que los investigadores tienen una gran cantidad de librerías a su disposición. Lo que permite ya sea delimitar o segmentar intervalos específicos durante las mediciones (Ilustración 4).

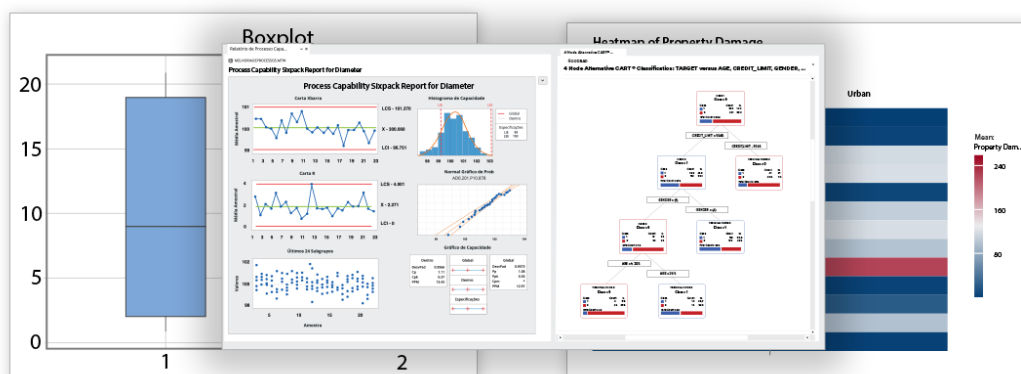


**Ilustración 4.- Interfaz de Python**

Fuente: (*Señal-Sonido – Procesos Estocásticos*, 2018)

### 4.3.3 MINITAB

Así mismo, MINITAB se seleccionó por motivos de practicidad ante análisis de datos que proporciona una amplia gama de capacidades para procesamiento de señales, aprendizaje automático, estadísticas y modelado. Es una herramienta potente y flexible que se puede utilizar para una variedad de tareas (Ilustración 5).



**Ilustración 5.- Interfaz de usuario (Minitab)**

Fuente: (*La interfaz de usuario de Minitab*, s. f.)

#### 4.3.4 SISTEMA 10-20 (INTERNACIONAL)

El sistema Internacional 10-20 fue planteado de primera instancia para esta investigación, ya que es el sistema de colocación de electrodos EEG estándar utilizado en todo el mundo. El sistema permite a los investigadores comparar datos de EEG de diferentes estudios y laboratorios. El sistema Internacional 10-20 se basa en la relación entre la distancia entre los electrodos y la distancia entre la raíz de la nariz y el hueso occipital (el punto más alto en la parte posterior de la cabeza). Los electrodos se colocaron al 10% y al 20% de esta distancia (Tabla 3).

**Tabla 3.- Distribución de electrodos (Sistema 10-20)**

Número de canales	Sistema 10-20
1	Fp1
2	Fp2
3	C3
4	C4
5	P7
6	P8
7	O1
8	O2

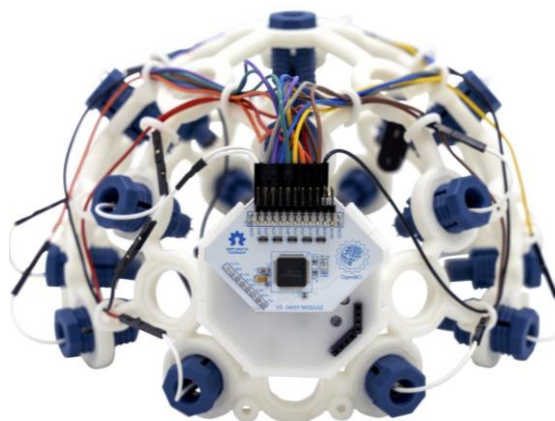
Fuente: (*Setting up for EEG | OpenBCI Documentation, 2023*)

#### 4.4 MATERIALES

En la siguiente sección, se describen los materiales que se consignaron para recopilar y evaluar la adquisición de señales de EEG.

##### 4.4.1 CASCO MARK IV – ULTRACORTEX

Como propósito inicial, se planteó la utilización del casco MARK IV debido a su libre ergonomía y adaptabilidad interfaz- usuario. Así mismo, de proporcionar la integración de la placa CYTON, permitiría asegurar la toma adecuada de información en tiempo real por parte de los participantes, utilizando el posicionamiento y calibración de los electrodos, con sus respectivas derivaciones pese al cuero cabelludo de los estudiantes (Ilustración 6).

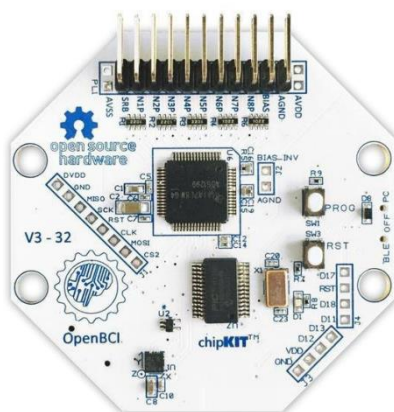


**Ilustración 6.- Casco MARK IV Ultracortex**

Fuente: (*Setting up for EEG | OpenBCI Documentation, 2023*)

#### 4.4.2 PLACA CYTON

Este dispositivo, catalogado como una placa amplificadora de bioseñales, tendría la capacidad de adquisición de datos de ocho canales que se puede utilizar para registrar la actividad eléctrica del cerebro, la actividad muscular y la actividad cardíaca. Es una plataforma de hardware abierta asequible y fácil de usar que se puede utilizar para una variedad de aplicaciones, incluyendo la investigación, la educación y el entretenimiento (Ilustración 7).



**Ilustración 7.- Placa Cyton**

Fuente: (*Setting up for EEG | OpenBCI Documentation, 2023*)

#### 4.4.3 CYTON DONGLE

Este pequeño elemento, con diseño USB, facilitaría la comunicación entre la placa Cyton y la computadora para la adquisición y almacenamiento de señales en tiempo real (Ilustración 8).



**Ilustración 8.- Cyton Dongle (Tipo USB)**

Fuente: (*Setting up for EEG | OpenBCI Documentation, 2023*)

#### 4.4.4 ELECTRODOS

Se estableció el uso de electrodos como elemento principal para el casco MARK IV. Estos están diseñados específicamente para crear un enlace de comunicación directa entre los receptores cerebrales, la placa Cyton y la unidad USB Cyton Dongle, permitiendo el almacenamiento final en la computadora. Por otro lado, se contempló la adaptación e incorporación de las pinzas secundarias de punto tierra en cada una de las orejas de los estudiantes (Ilustración 9).



**Ilustración 9.- Electrodo**

Fuente: (*Setting up for EEG | OpenBCI Documentation, 2023*)

#### **4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA**

En el siguiente apartado, se estableció que la población para este estudio abarcaría a los estudiantes de UNITEC. Específicamente alumnos de la asignatura de Física I, debido al enfoque preliminar de las dificultades y retos que representa la materia y su influencia en el proceso de aprendizaje.

Por consiguiente, en cuanto a la selección minuciosa de muestra, se determinó establecer un método no probabilístico. Esta decisión surge debido a las limitaciones de tiempo en primera instancia para no comprometer las actividades académicas externas de los estudiantes. De igual manera, se contempló una población de 8 alumnos entre segundo y tercer año de sus carreras respectivamente, donde la única limitante era depender totalmente de voluntarios con total compromiso de participar, lo que, en un panorama amplio, podrían influir como un sesgo ante sus estados de ánimo o percepción de la carga cognitiva del proceso.

#### **4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

El diseño metodológico planteado, se fundamentó en la necesidad de ofrecer validación y respuestas congruentes ante el problema del estudio propuesto. Así mismo, se identificó la importancia de respaldar el conocimiento a través de autenticidad y credibilidad de esta. En esta sección, se describe a continuación las técnicas, instrumentos, procedimientos

y métodos que se anticiparon aplicar, facilitando a otros investigadores y autores la oportunidad y facilidad de replicar el presente estudio con el fin de futuras investigaciones.

#### 4.6.1 OBTENCIÓN DE DATOS

Se previó que la primera fase metodológica se centrara en la recopilación de datos con validez. Por ende, se llevaron a cabo diversas sesiones ambientadas y planificadas durante distintas semanas académicas, para el desenvolvimiento entre la interacción de los estudiantes de física I y el tipo de evaluación aplicada. Se hizo uso de las herramientas, como el casco MARK IV – Ultracortex y la integración del software de Open BCI para la adquisición de señales EEG en tiempo real.

##### 4.6.1.1 *Retroalimentación inicial*

Como punto de partida, se estableció que la duración de cada una de las sesiones por semana, constarían de aproximadamente veinte minutos. Durante este tiempo, se preveía registrar y captar la actividad cerebral ante los estados de concentración de los estudiantes de física I, pese a la carga cognitiva a la que fueron sometidos cada uno. El propósito como tal, se centra en poder determinar el comportamiento de las ondas cerebrales sin fluctuaciones particulares. Por consiguiente, cada uno de los estudiantes recibirían previamente las instrucciones a acatar de inicio a fin, así como una breve antesala de un minuto de sus estados de relajación antes y después de cada sesión.

##### 4.6.1.2 *Desenvolvimiento cognitivo*

Posteriormente, al momento de establecer los temarios para cada una de las sesiones evaluativas, los estudiantes interactuarían con distintos niveles de complejidad a lo largo de las jornadas. Por ende, lo mencionado anteriormente, se desglosa de la siguiente manera:

En el caso de la primera jornada evaluativa en *Semana 2*, se planeó en instruir y notificar a los estudiantes que debían contestar una encuesta de seguimiento para determinar el estado de ánimo antes de someterse ante la evaluación correspondiente. La finalidad de este apartado radica en contrastar y evaluar el comportamiento de las ondas cerebrales ante distintos grados de dificultad emanadas por sus frecuencias Alpha, Beta y Gamma.

Así mismo, se aplicó la misma metodología de trabajo para las *semanas 4 y 6* respectivamente, limitando cambios durante las sesiones para evitar sesgos mediante la captación de señales y el rendimiento de los estudiantes durante sus sesiones. Siempre

tomando como base fundamental, las encuestas de seguimiento de sus estados de ánimo y percepciones individuales de estados de concentración para crear contrastes entre el rendimiento evaluativo.

#### 4.6.2 ANÁLISIS DE DATOS

Posteriormente, una vez obtenidas las señales de EEG mediante el MARK IV – Ultracortex y Open BCI, se teorizó en recopilar y procesar utilizando técnicas de procesamiento específicas:

- Filtrado: Se planificó emplear dos técnicas de filtrado utilizando Python. La primera consistía en el filtro pasa banda, para aislar frecuencias específicas de interés relacionadas con las ondas cerebrales, como las ondas alfa (8-13 Hz), beta (13-30 Hz), theta (4-8 Hz) y delta (0.5-4 Hz). Seguidamente, el filtro adaptativo que permitiría recalibrar y ajustar automáticamente los parámetros del filtro según las características de la señal en tiempo real. Esto puede ayudar a adaptarse a variaciones en la señal durante el estudio.
- Segmentación: Por consiguiente, se aplica un método de segmentación, el cual se había anticipado para proceder con la manipulación de las señales, lo cual permitiría aislar y estudiar secciones específicas de interés.

#### 4.6.3 TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER

Se planteó implementar la Transformada Rápida de Fourier (FFT) mediante Python con el propósito de descomponer las señales de acorde a sus frecuencias. Esto con el objetivo de categorizar y vincular distintos estados de concentración, estados activos del estudiante durante la resolución de ejercicios y su actividad cerebral.

#### 4.6.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El estudio, también está conformado por la implementación del Análisis de Varianza (ANOVA), el cual está destinado a calcular la variabilidad entre conjuntos de datos. Por consiguiente, se planificó la incorporación de ANOVA con el software de Python con el propósito de identificar y evaluar varianzas significativas, producto entre los estados de ánimos, actividad cerebral y tiempos de ejecución.

Por otro lado, la razón secundaria de utilizar ANOVA recae en las distintas perspectivas y análisis de variables modificables a lo largo del estudio. Permitiendo el desglose de las siguientes características a emplear:

- Media Cuadrática: Es el resultado de dividir cada una de las variables posibles por sus grados de libertad.
- Grados de Libertad: Indican que tanta libertad o limite poseen las variables de datos.

#### **4.7 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN**

La validación de los datos obtenidos se erige como un paso crucial en el marco de este estudio, destinado a evaluar y contrastar los niveles de complejidad, estados de ánimo y concentración de los estudiantes de Física I.

La validación, llevada a cabo mediante el análisis de correlación, ofrece un enfoque preciso para contrastar los estados de concentración en situaciones de carga cognitiva extensa. Al comparar los diferentes comportamientos de las ondas cerebrales durante evaluaciones de diversos tipos (Nivel 1 y 2), se hace posible determinar cómo varían sus frecuencias y amplitudes a lo largo de las sesiones evaluativas.

Adicionalmente, se implementa otro método de validación mediante el uso efectivo del software a través de Open BCI para la recolección de información en tiempo real. Este enfoque permite la personalización de cada sesión en función de las necesidades específicas del usuario. Además, posibilita la manipulación de información y su conversión de archivos hacia otras modalidades de trabajo, siendo Python la opción principal debido a su interfaz eficiente en el procesamiento, filtrado y segmentación de señales.

Posteriormente, en cuanto a los niveles de complejidad, tienen validez mediante la retroalimentación por parte de expertos en el área de la física. Es por ello, que esta investigación se respalda debido a la coordinación y evaluación progresiva en las jornadas académicas de los estudiantes de física I a través de las *semanas 2, 4 y 6*. Además, cada uno de los ejercicios propuestos, ha sido calificado y sustentado por catedráticos del área de ciencias y matemáticas, con la finalidad de permitir ajustar los problemas según las recomendaciones de los expertos.

Adicionalmente, también hay seguimiento de los grados de complejidad, debido a la retroalimentación sustentada por parte de los estudiantes de física I. El objetivo se centra en

obtener respuesta directa de los alumnos acerca de su percepción de la complejidad de los problemas llevados a cabo. Seguidamente, se hace un énfasis en la recopilación de datos mediante encuestas de seguimiento, que respaldan el hecho de establecer cuadros comparativos entre sesiones semanales y sus percepciones de dificultad.

Por otro lado, sustentando los estados de ánimo por parte de los estudiantes, se utilizan cuestionarios y escalas de medición para registrar, corroborar y evaluar los estados de ánimos específicos. Para ello, se han aplicado encuestas de seguimiento acerca de la percepción psicológica de los estudiantes antes de cada evaluación. Así mismo, mediante cada una de las sesiones evaluativas, se ha registrado de manera observacional a los estudiantes en el periodo de veinte minutos para obtener información cualitativa acerca de sus expresiones faciales y gestos corporales.

Por consiguiente, a través de Open BCI permite conocer el estado de relajación del estudiante como parámetro manual a través de la sesión con el fin de contrastar cada una de las señales de EEG antes de la evaluación y después, para identificar similitudes o variaciones de estas.

#### 4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se establece el desglose y detalle de las actividades realizadas a lo largo de la presente investigación, que dio como lugar a su extensión a lo largo de diez semanas (Periodo Q1- 2024).

**Tabla 4.- Cronograma de actividades**

Actividades a desarrollar Proyecto de investigación	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Recopilación de artículos científicos para el estado del arte	■									
Aplicación de encuesta preliminar	■									
Definición de muestra para el estudio	■	■								
Definición de temarios y tiempo de ejecución	■	■								
Cartas de compromiso estudiantil y acuerdo de confidencialidad		■								
Encuesta de seguimiento (Muestra definida)		■		■		■				
Realización de evaluaciones		■		■		■				
Procesamiento de señales y código			■		■		■			
Análisis y evaluación de resultados								■	■	
Revisión Final de P.I										■

#### 4.9 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

<b>Problema de Investigación</b>	<b>Preguntas de Investigación</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología y Herramientas</b>
Las tasas de reprobación en física en América Latina son muy altas, alcanzando el 40% en las escuelas secundarias y el 30% en las universidades, lo que ha tenido un impacto negativo en la educación y el desarrollo económico.	¿Cuál es la relación entre los niveles de complejidad de los problemas de física y los estados de concentración de los estudiantes de física I, según el estudio del comportamiento de las ondas cerebrales?	<p><i>Objetivo General</i></p> Determinar la relación entre los niveles de complejidad de los problemas de física y los estados de concentración de los estudiantes de física I, mediante el estudio del comportamiento de las ondas cerebrales.	<p><i>Dependiente</i></p> Comportamiento de las ondas cerebrales en estudiantes de Física I	MARK IV – Ultracortex

<b>Preguntas de Investigación</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología y Herramientas</b>
¿Cómo influyen los estados de ánimo y factores psicológicos, como la ansiedad y la frustración, en la relación entre los niveles de complejidad, estados de concentración y los cambios en los estados de ánimo de los estudiantes de física I?	<i>Objetivos Específicos</i> Analizar la relación entre los niveles de complejidad, estados de concentración y los cambios en los estados de ánimo de los estudiantes de física I a través del estudio del comportamiento de las ondas cerebrales.	<i>Independientes</i>  Estados de ánimo	Encuestas preliminares y de seguimiento continuo.

<b>Preguntas de Investigación</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología y Herramientas</b>
¿Cuáles son las diferencias en el comportamiento de las ondas cerebrales de los estudiantes de física I al resolver problemas de diferentes niveles de complejidad?	<i>Objetivos Específicos</i> Identificar las diferencias en el comportamiento de las ondas cerebrales de los estudiantes de física I al resolver problemas de diferentes niveles de complejidad.	<i>Independientes</i>  Niveles de complejidad	Grados de dificultad asignados (Nivel 1 y Nivel 2).

<b>Preguntas de Investigación</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología y Herramientas</b>
¿Cómo varían los estados de concentración de los estudiantes de física I al resolver problemas de diferentes niveles de complejidad?	<p><i>Objetivos Específicos</i></p> <p>Determinar los estados de concentración de los estudiantes de física I al resolver problemas de diferentes niveles de complejidad.</p>	<p><i>Independientes</i></p> <p>Estados de concentración</p>	Open BCI

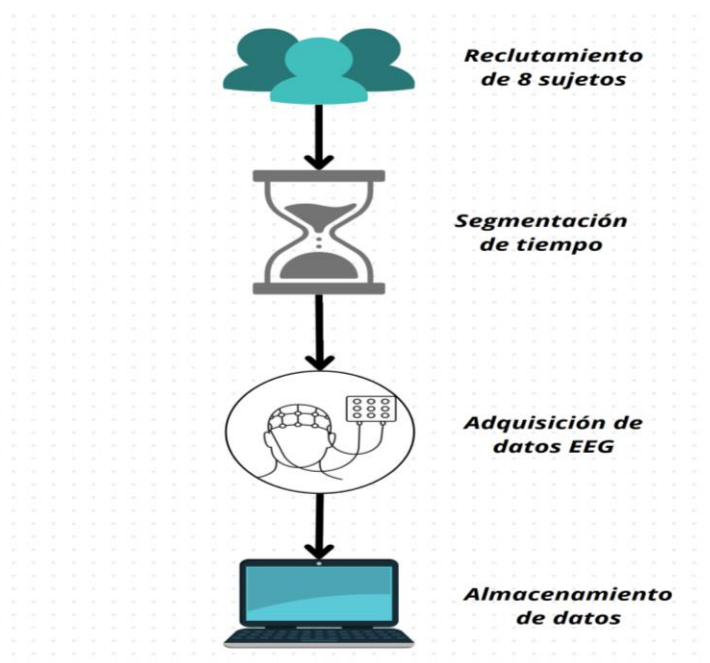
Fuente: Elaboración propia

## V RESULTADOS

En el presente capítulo, se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de distintas mediciones y adquisiciones mediante EEG, en los estudiantes de Física I durante su interacción y desenvolvimiento ante distintos niveles de complejidad analítica. Los presentes resultados, se basan en la metodología empleada en el capítulo anterior y con sustento con base en el análisis estadístico, en conjunto con el detalle del comportamiento de las ondas cerebrales.

### 5.1 ADQUISICIÓN DE SEÑALES EEG

Durante las semanas 2, 4 y 6 del periodo académico Q1-2024 en la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), se procedió con la adquisición y registros de las señales electroencefálicas de los estudiantes de Física I mediante distintos niveles de complejidad en base a un tiempo límite de veinte minutos para realizar las evaluaciones correspondientes (Ilustración 10).



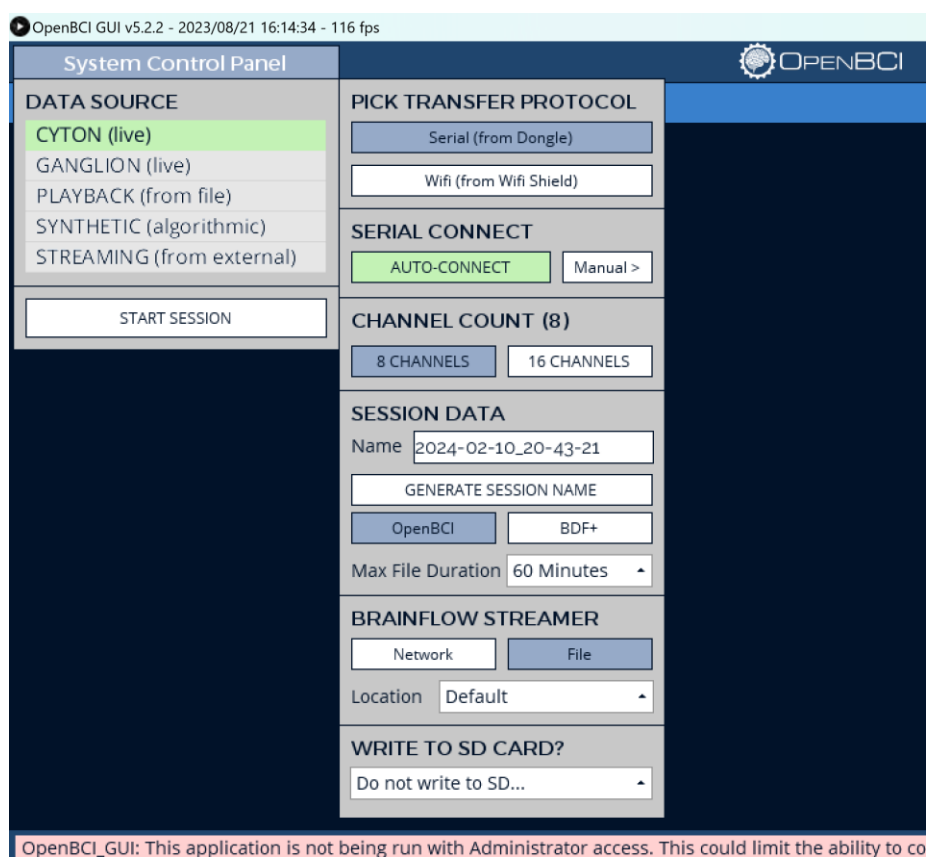
**Ilustración 10.-** Proceso de adquisición de señales EEG

Además, es importante enfatizar que los resultados presentados, toman de base la selección de tres sujetos por semana, recayendo sobre las categorías de concentración (Concentración Total, Concentración Intermedia y No concentración). Aclarando, que la selección meticulosa, tiene como finalidad de presentar los tres casos anteriores. Sin embargo, existe una brecha que podría ser catalogada como concentración espontánea por parte de los demás participantes.

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 PRE- PROCESAMIENTO DE SEÑALES

Para la adquisición de señales EEG, se utilizó el programa de Open BCI, mencionando sus características principales en el capítulo anterior. Como bien se saben, esta es una valiosa herramienta que facilito diversas modalidades y ejecución de parámetros de los datos recopilados a través de las diversas semanas académicas. Para ello, se presenta rápidamente el menú inicial para su respectivo uso preliminar (Ilustración 11).



**Ilustración 11.- Configuración aplicada**

Fuente: (Setting up for EEG | Open BCI Documentation, 2023)

Así mismo, dentro de las opciones de visualización que ofrece Open BCI, se seleccionaron cuatro vistas para la aplicación de esta investigación (Ilustración 12). De primera instancia, se seleccionó la serie temporal "time series" que permite establecer las amplitudes en microvoltios de cada uno de los canales a lo largo del tiempo mediante el Mark IV-Ultracortex.

Por propósitos del presente estudio, se delimitaron a tres canales principales *Alpha*, *Beta* y *Gamma*. Su razón se debe al lado neurológico, es decir, las ondas Alpha (8-12 Hz) se caracterizan por brindar información acerca de un estado activo de la mente en ejecución de tareas diarias, las ondas beta (12-20 Hz) son las responsables de atribuir los estados de concentración y por último, las ondas gamma (>20 Hz) se delimitan a los estados de ansiedad o miedo en un individuo, en este caso, cada una de ellas influenciadas por el comportamiento de las ondas cerebrales de los estudiantes de física I.

Por otro lado, se seleccionó el parámetro de la Transformada Rápida de Fourier (FFT), donde se ve representado el *eje X* donde se muestran las frecuencias correspondientes (Hz) y el *eje Y* sus amplitudes en  $\mu\text{V}$  (Microvoltios). Dicho esto, también se delimitó de manera representativa los canales 2, 3 y 4 para analizar y observar la influencia del comportamiento de las ondas en cuanto a sus máximas y mínimas amplitudes a lo largo de las evaluaciones.

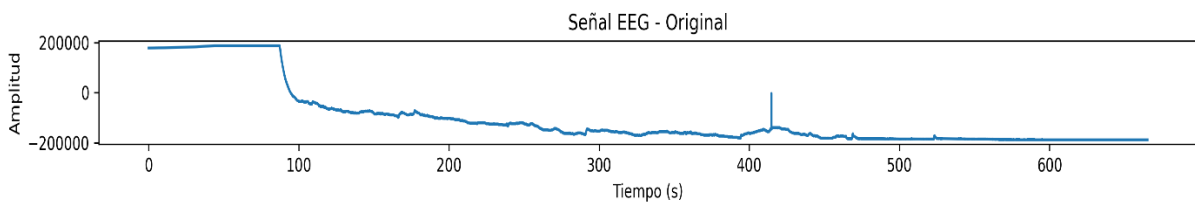
Por consiguiente, se seleccionó el tercer parámetro que se delimita al mapeo topográfico de los lóbulos cerebrales, donde a través de las sesiones, fue tomado como pauta acerca de la influencia de la carga cognitiva de las evaluaciones en distintas zonas de interés con mayor actividad. Por último, se implementó el cuarto parámetro (Focus Widget) el cual era el encargado de establecer a través del tiempo los estados de concentración y caso contrario de cada uno de los estudiantes.



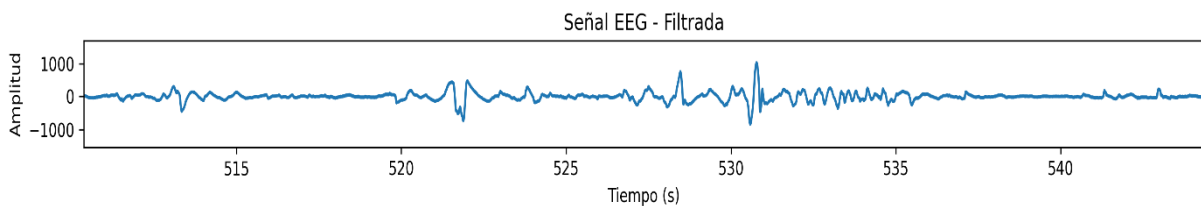
**Ilustración 12.- Visualización de señales EEG en Open BCI**

### 5.2.1 PROCESAMIENTO DE SEÑALES

Uno de los pasos fundamentales y esenciales para el análisis de las señales beta respecto a la técnica de EEG, fue el procesamiento y tratamiento de dicha señal. Esta etapa aseguró que la extracción e interpretación de datos obtenidos en tiempo real mediante Open BCI fueran congruentes y legibles, minimizando interferencias de ruido para ser manipuladas a través de Idle Python V.3.12. (Ilustración 13 y 14)



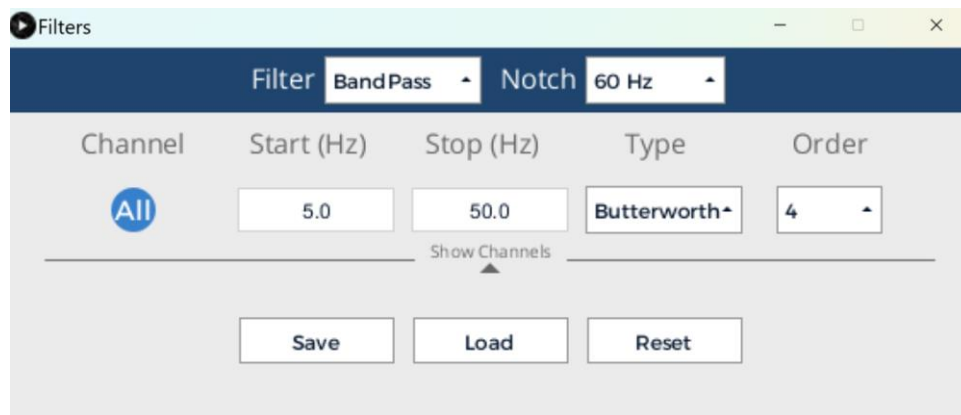
**Ilustración 13.- Señal Beta Original en Python**



**Ilustración 14.- Señal beta procesada en Python**

### 5.2.2 FILTRADO DE SEÑALES

El filtrado constituyó una etapa fundamental en el procesamiento de las señales de EEG durante la toma del presente estudio. Por ello, se seleccionaron de manera meticulosa los filtros Butterworth de grado cuatro, con una frecuencia de corte 60 Hz y un filtro pasa banda por cada una de las frecuencias descritas anteriormente. Todo esto proporcionado a través de las ventanas de Open BCI (Ilustración 15)



**Ilustración 15.- Configuración de filtros**

La decisión detrás de optar por el filtro Butterworth se estableció en su característica en la interacción y adaptabilidad de las frecuencias planas en la banda de paso. Es decir, que todas las frecuencias dentro de esa banda se ven afectadas de manera similar por el filtro. Esto es beneficioso cuando se desea mantener la integridad de las señales en cierto rango de frecuencias sin distorsionarlas. Así como establecer la frecuencia de corte de 60 Hz para atenuar gradualmente la interferencia eléctrica.

### 5.2.3 TEOREMA DE NYQUIST

Se teorizó en incluir el teorema de Nyquist, ya que, es de gran relevancia en cuanto a la aplicabilidad de las señales a través del tiempo. Dicho teorema, permite reconstruir la señal en caso de pérdidas al aplicar un muestreo. Donde, la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia más alta presente en la señal original.

$$fn = \frac{1}{2\Delta t}$$

**Ecuación 1.- Teorema de Nyquist**

Cada elemento se representa de la siguiente manera: "fn" es la frecuencia media del evento o fenómeno, indicando la cantidad de eventos o ciclos por unidad de tiempo; "1/2" es un coeficiente que establece que la frecuencia media es la mitad de la variación en el tiempo

( $\Delta t$ ); y " $\Delta t$ " representa el intervalo de tiempo entre eventos sucesivos, es decir, la diferencia en tiempo entre el inicio y el final de un evento o ciclo.

Fuente: (Ayanoglu, 1997)

### 5.2.3 TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER

En el presente apartado, se estableció la implementación de la Transformada Rápida de Fourier (FFT), ya que, permite identificar y analizar señales en el dominio de la frecuencia por cada uno de los canales de interés. En este caso, a la aplicabilidad de las ondas cerebrales beta de rangos de 13 Hz- 30 Hz.

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}$$

#### **Ecuación 2.- Transformada Rápida de Fourier**

El coeficiente  $X(k)$  representa la contribución de la frecuencia  $k$  a la señal original, y es un número complejo.  $N$  determina la resolución y el rango de frecuencia de la FFT, mientras que  $x(n)$  son los valores de la señal discreta en cada instante de tiempo  $n$ . La función exponencial compleja se utiliza para realizar la descomposición en frecuencia.

Fuente: (Sejdić et al, 2011)

### **5.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO**

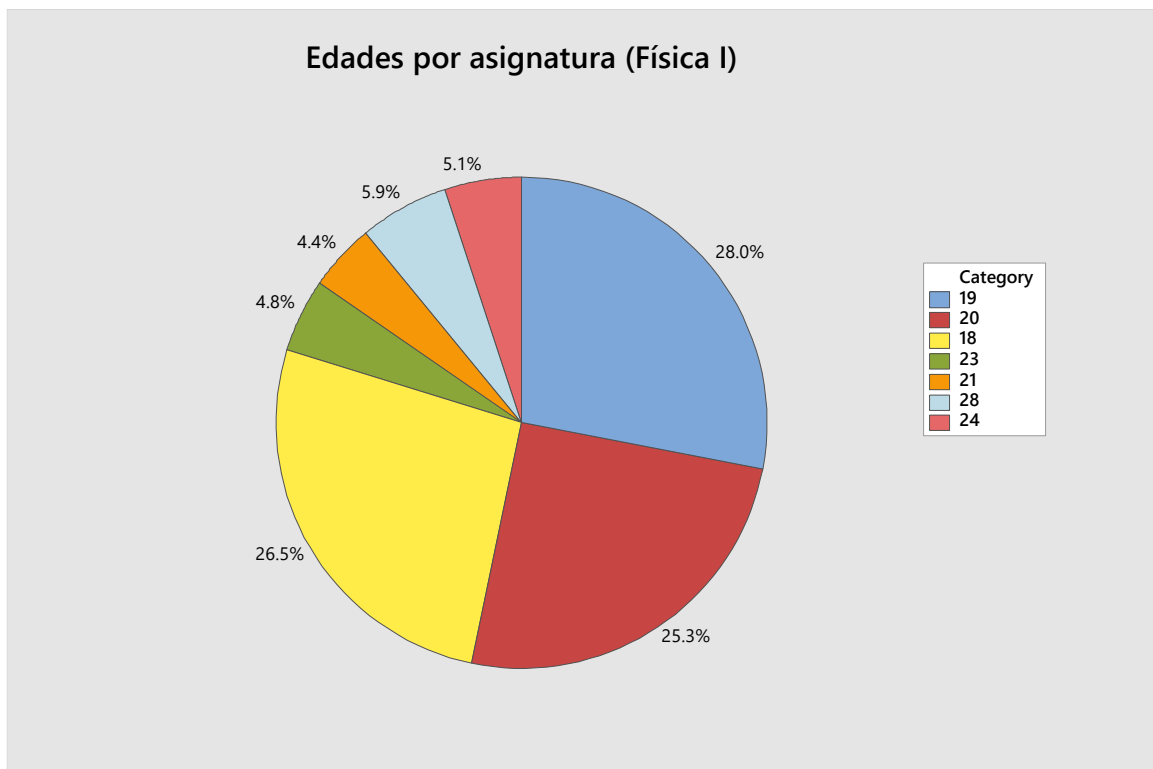
En la presente sección, se detalla las características principales de los participantes y las condiciones de trabajo para llevar a cabo la investigación planteada.

#### 5.3.1 GENERALIDADES DE LOS PARTICIPANTES

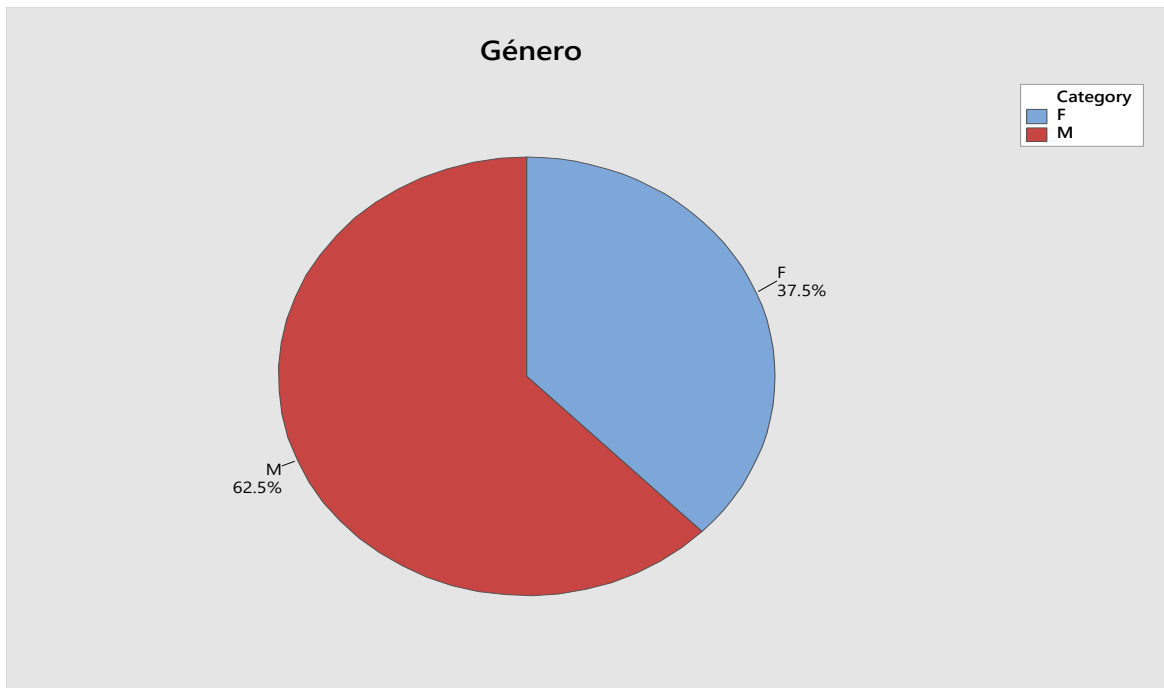
La investigación planteada contó con la participación voluntaria de ocho estudiantes de la asignatura de Física I. A continuación, se detallan las características esenciales (Ilustración 13).

- Edad: Como sondeo preliminar, se aplicó una encuesta inicial a un total de 24 estudiantes de la clase de Física I. Entre ellos, se veía reflejados rangos de edades desde los 18- 28 años (Ilustración 16).

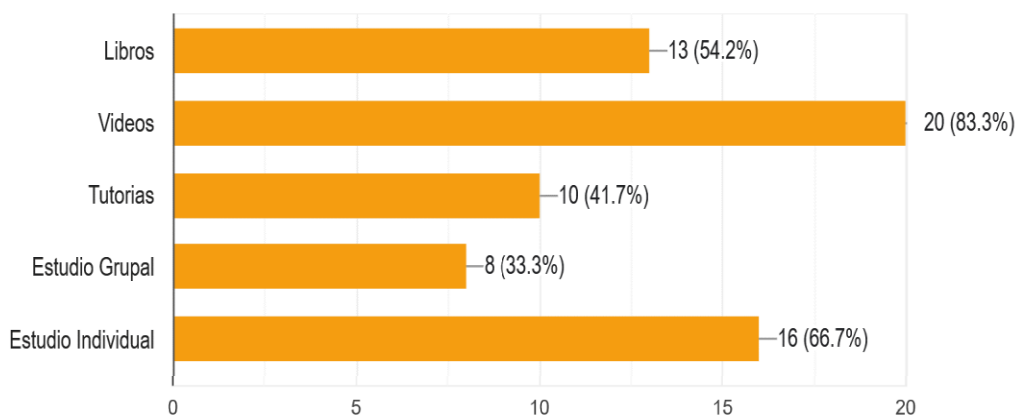
- Clasificación de los sujetos: Se toman de referencia los valores en microvoltios en cuanto a los estados de concentración de niveles bajos, intermedios y altos durante las sesiones evaluativas.
- Género: Entre los 8 participantes del estudio, (3 Mujeres) y (5 Hombres) conformaron la presente investigación (Ilustración 17).
- Recursos de estudio: Se toma como pauta los distintos métodos de aprendizaje optados por parte de los participantes de Física I (Ilustración 18).



**Ilustración 16.- Aplicación de encuesta inicial**



**Ilustración 17.- Género**



**Ilustración 18.- Recursos utilizados para estudiar (Sondeo Inicial)**

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.2 PARTICIPANTES POR CARRERA

A continuación, se detalla de manera breve la distribución de cada una de las carreras por los sujetos de estudio de la presente investigación.

**Tabla 5.- Distribución de participantes según carrera universitaria**

<b>Carrera</b>	<b>Número de participantes</b>
<i>Arquitectura</i>	2
<i>Ingeniería Industrial y de Sistemas</i>	4
<i>Ingeniería en ciencia de datos e inteligencia artificial</i>	1
<i>Ingeniería en Biomédica</i>	1

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3 DURACIÓN Y DETALLE DE LAS EVALUACIONES

Cada uno de los participantes fue segmentado en tres semanas distintas de trabajo, esto para evaluar y comparar sus estados de concentración iniciales como finales a lo largo de las jornadas. Esto, debido a la selección de los distintos niveles de complejidad asignados y tomados como referencia por parte del catedrático del libro *Física para ciencias e ingeniería* (Serway & Jewett, 2006). Siguiendo la línea de tiempo por parte del progreso de los estudiantes, se tomaron en consideración dos y tres niveles distintos de dificultad a lo largo de las etapas. A continuación, se presentan los detalles (Tabla 7).

**Tabla 6.- Especificaciones de ejercicios graduales**

<i>Niveles de complejidad</i>	
<b>TEMARIOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Semana 2: Movimiento parabólico</i></li> <li>▪ <i>Semana 4: Diagramas de cuerpo libre, fuerzas y aceleración centrípeta</i></li> <li>▪ <i>Semana 6: Movimiento Angular</i></li> </ul>
Nivel 1	Presentan características de aplicación directa, con base en métodos de sustitución en cuanto a las fórmulas establecidas en clase. Así mismo, se plantean razonamientos lógicos de despejes unitarios o dobles del ejercicio desarrollado.
Nivel 2	Presenta un razonamiento analítico de nivel intermedio, respaldado por sistemas de ecuaciones de 1er y 2do orden.
Nivel 3*	Abarca razonamiento analítico con grado extra de dificultad, basándose en un grado de dificultad similar al (Nivel 2).
Nivel 4 y 5*	Los ejercicios cambian de dificultad analítica a teóricos para fomentar y agilizar la carga cognitiva y tiempos.
<p><b><i>Nivel 3* Se resalta énfasis en el presente nivel de complejidad, debido a una carencia de desarrollo total por parte de los alumnos de física I. Interviniendo sus tiempos y ralentización de carga cognitiva. Recalcando que el nivel 3, únicamente fue aplicado en la semana 2 como sondeo general de la dificultad y tiempo de realización.</i></b></p>	

**Nivel 4 y 5\* Estos ejercicios teóricos, únicamente fueron puestos en práctica durante las evaluaciones de semana seis, siempre tomando en consideración los demás ejercicios para mantener una dificultad de manera robusta respecto al tiempo máximo proporcionado.**

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.3.1 Elección de etapas evaluativas

En el siguiente apartado, se brinda un detalle breve acerca de la elección minuciosa por parte de las distintas semanas de evaluación en el periodo Q1-2024 en UNITEC.

Por motivos de practicidad y calendarización con base en el cronograma de actividades presentado en el capítulo IV. Se seleccionaron las semanas 2, 4 y 6 para evitar un conflicto de intereses tanto de las evaluaciones de la asignatura de física I e intervención en semana de exámenes. Mas a detalle, empezando por *semana 2*, fue una semana crucial debido a las discusiones con el coordinar de ciencias y matemáticas para comenzar cuanto antes. Además, cabe mencionar, que, a partir de esa semana, los estudiantes no presentan cargas estudiantiles de gran magnitud.

Seguidamente, *semana 4* fue una segunda etapa decisiva, ya que, los estudiantes comienzan a ser sometidos ante las evaluaciones correspondientes de la asignatura. Además, se comienza a inducir de manera sutil, una mayor carga académica respecto a tareas, pruebas, presentaciones y/o proyectos. Sin embargo, no se aplicó una continuación en semana 5 debido a una jornada de exámenes.

Por consiguiente, *semana 6* fue la última etapa registrada, por motivos de una "descarga" de actividades académicas y un menor compromiso de los estudiantes de otras obligaciones. Lo que, permitió una mayor participación y disposición de tiempo por parte de los alumnos para el involucramiento del estudio.

En total, se le concedieron veinte minutos a cada estudiante como un minuto de relajación inicial como final, por efecto secundario de preparación cognitiva. Donde, así mismo se hace la aclaración respecto a las tablas presentadas a continuación los intervalos de tiempo en los estados de concentración en cada una de las etapas. Además, como observación, los intervalos representados en "00:00" hacen énfasis en que el estudiante no presenta ninguna respuesta cognitiva durante las evaluaciones. (Tabla,8,9,10,11, 12 y 13).

**Tabla 7.- Primera Jornada (Semana 2)**

<b>SUJETOS (SEMANA 2)</b>		
Intervención	Tiempo de Inicio	Tiempo de Finalización
Estado de Relajación Inicial	00:00	1:00
Estado de Relajación Final	21:00	22:00
<b>Estado de Concentración Inicial (MIN)</b>		
SUJETO A		1:56
SUJETO B		1:15
SUJETO C		1:12
SUJETO D		1:52
SUJETO E		2:45
SUJETO F		2:09
SUJETO G		1:56
SUJETO H		1:33

**Tabla 8.- Continuación Jornada (Semana 2)**

<b>SUJETOS (SEMANA 2)</b>		
Intervención	Tiempo de Inicio	Tiempo de Finalización
Estado de Relajación Inicial	00:00	1:00
Estado de Relajación Final	21:00	22:00
<b>Estado de Concentración Final (MIN)</b>		
SUJETO A		14:48
SUJETO B		19:24
SUJETO C		17:56
SUJETO D		18:37
SUJETO E		19:03
SUJETO F		19:16
SUJETO G		16:15
SUJETO H		16:44

**Tabla 9.- Segunda Jornada (Semana 4)**

<b>SUJETOS (SEMANA 4)</b>		
Intervención	Tiempo de Inicio	Tiempo de Finalización
Estado de Relajación Inicial	00:00	1:00
Estado de Relajación Final	21:00	22:00
<b>Estado de Concentración Inicial (MIN)</b>		
SUJETO A		00:00
SUJETO B		1:44
SUJETO C		00:00
SUJETO D		1:30
SUJETO E		1:28
SUJETO F		1:35
SUJETO G		3:50
SUJETO H		00:00

**Tabla 10.- Continuación Jornada (Semana 4)**

<b>SUJETOS (SEMANA 4)</b>		
Intervención	Tiempo de Inicio	Tiempo de Finalización
Estado de Relajación Inicial	00:00	1:00
Estado de Relajación Final	21:00	22:00
<b>Estado de Concentración Final (MIN)</b>		
SUJETO A		00:00
SUJETO B		19:52
SUJETO C		00:00
SUJETO D		19:45
SUJETO E		19:25
SUJETO F		8:42
SUJETO G		16:11
SUJETO H		00:00

**Tabla 11.-Tercera Jornada (Semana 6)**

<b>SUJETOS (SEMANA 6)</b>		
Intervención	Tiempo de Inicio	Tiempo de Finalización
Estado de Relajación Inicial	00:00	1:00
Estado de Relajación Final	21:00	22:00
<b>Estado de Concentración Inicial (MIN)</b>		
SUJETO A		6:28
SUJETO B		1:36
SUJETO C		2:12
SUJETO D		1:37
SUJETO E		1:45
SUJETO F		1:47
SUJETO G		2:45
SUJETO H		4:28

**Tabla 12.- Continuación Jornada (Semana 6)**

<b>SUJETOS (SEMANA 6)</b>		
Intervención	Tiempo de Inicio	Tiempo de Finalización
Estado de Relajación Inicial	00:00	1:00
Estado de Relajación Final	21:00	22:00
<b>Estado de Concentración Final (MIN)</b>		
SUJETO A		19:53
SUJETO B		19:43
SUJETO C		19:55
SUJETO D		15:21
SUJETO E		19:37
SUJETO F		19:05
SUJETO G		11:25
SUJETO H		19:47

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.3.4 CONDICIONES DE ENTORNO

Las sesiones llevadas a cabo en semana 2, 4 y 6, se realizaron en el laboratorio de Biomédica de UNITEC. Con el fin de garantizar un ambiente controlado para la mayor productividad y desenvolvimiento estudiantil (Ilustración 19).

- Control de iluminación: Para evitar distracciones por oscuridad, se aseguró el control del espacio con una iluminación total para asegurar la actividad continua de los estudiantes durante las evaluaciones.
- Control de temperatura: Se mantuvo un grado de temperatura de 22-25 °C, para establecer un mayor grado de confort y evitar estados de distracción o movimientos bruscos que tuviesen influencia en las mediciones del EEG.
- Control acústico: El mismo diseño del laboratorio aseguro un confort óptimo en cuanto a la eliminación de perturbaciones que tuvieran influencia en cuanto a los estados de distracción de los estudiantes.
- Control de tiempos: Para evitar la obstrucción en cuanto al tiempo establecido de veinte minutos, se les indicó a los estudiantes que se evaluaría 1 min de relajación antes y después de las evaluaciones como método de "preparación" y "finalización".



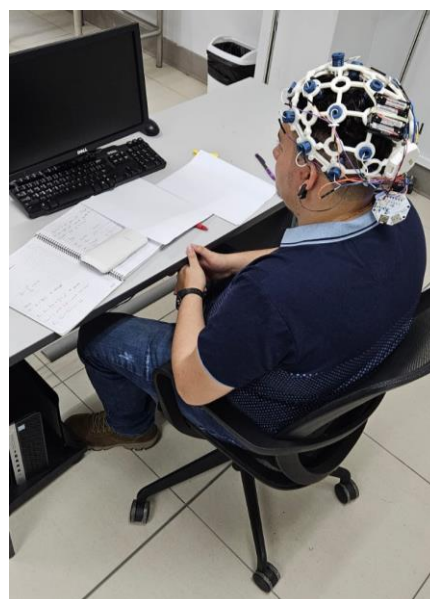
**Ilustración 19.- Ambiente de trabajo**

#### 5.4 SEÑALES OBTENIDAS MEDIANTE OPEN BCI

En la presente sección, las señales adquiridas proporcionaron un panorama completo acerca de la actividad cerebral durante las distintas semanas evaluativas (Semana 2, 4 y 6). Con el fin de poder identificar las características similares o de contraste en el comportamiento de las ondas cerebrales. Así como sus amplitudes, frecuencias, patrones regulares e irregulares. Enriqueciendo y sustentando los cambios neurofisiológicos a través de las cargas cognitivas durante las evaluaciones académicas y sus respectivos estados de concentración por cada uno de los ejercicios correspondientes (Ilustración 20) (Ilustración 21).



**Ilustración 20.- Sujeto 3**



**Ilustración 21.- Sujeto 4**

Fuente: Elaboración Propia

##### 5.4.1 RENDIMIENTO EVALUATIVO SEMANA DOS

En la presente sección, se detalla específicamente los resultados más prominentes y de mayor interés en cuanto a los sujetos de estudio, con la finalidad de profundizar cada una de las mediciones correspondientes.

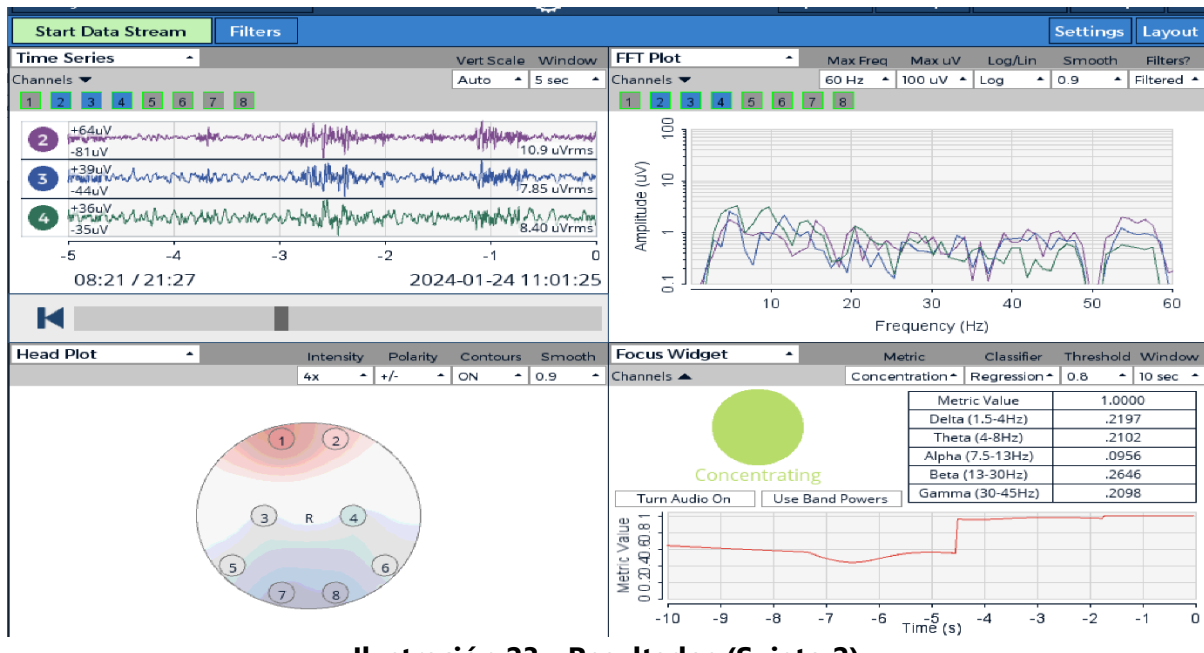
Haciendo énfasis acerca del desenvolvimiento de los estudiantes de física I ante los ejercicios del tema *Movimiento parabólico / proyectiles* evaluados en Semana 2. Se pudo ver reflejado a través de la sesión de veinte minutos lo siguiente en cuanto al comportamiento de

las ondas cerebrales y observaciones claves acerca del rendimiento y progreso de cada uno de los sujetos. A continuación, se da un breve detalle acerca de las peculiaridades más específicas de los sujetos de interés. (Ilustración 22) (Ilustración 23) (Ilustración 24).



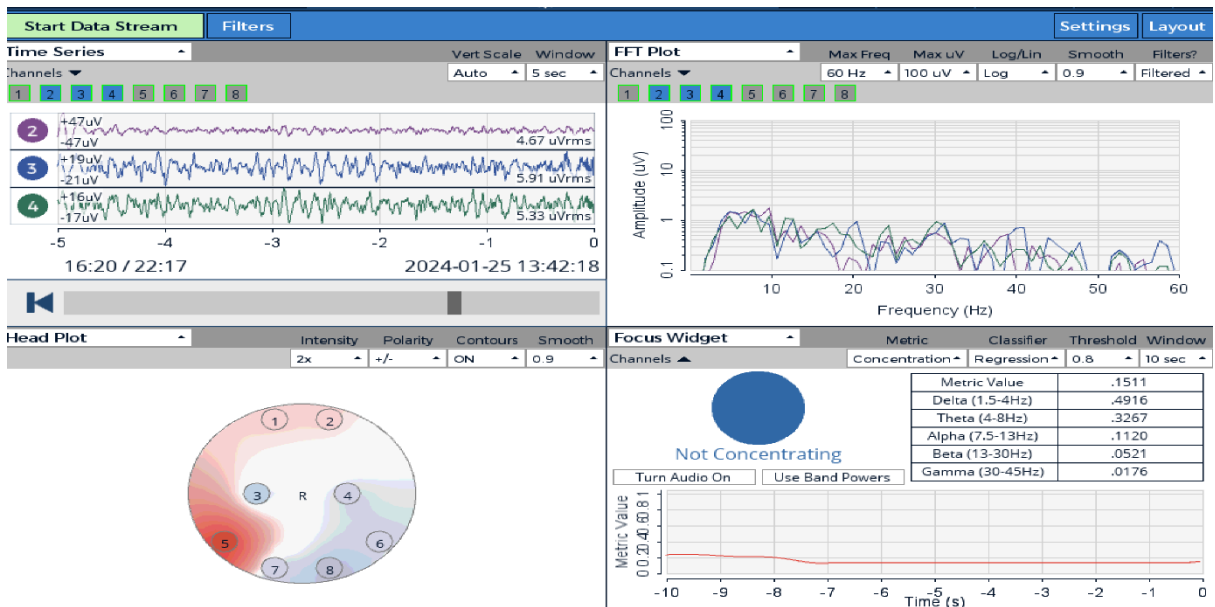
**Ilustración 22.- Resultados (Sujeto 1)**

En la ilustración 22 se plantean anomalías de primera instancia en cuanto a la visualización de las señales Alpha, Beta y Gamma. El estudiante presenta un estado de ansiedad debido a la confirmación a través de la encuesta preliminar de seguimiento, esto marcando una pauta que conlleva un intervalo difícil de procesamiento de la información durante la evaluación y movimientos repetitivos de la cabeza. Además, se puede observar la activación cerebral leve frontal por un estado mínimo de concentración y occipital, debido a su percepción visual durante la ejecución del ejercicio, es decir, desviación de su mirada varias veces para apoyarse del material de la clase y efectos de distracción voluntaria, como resultado, únicamente a la realización de uno de los ejercicios planteados.



**Ilustración 23.- Resultados (Sujeto 2)**

En la ilustración 23 se refleja de manera concisa el estado preliminar de una onda beta en todo su esplendor. Además, de demostrar un estado fluido en cuanto a la activación de su lóbulo frontal en respuesta al estado de concentración mediante la resolución del ejercicio y una leve activación occipital como resultado de la percepción visual hacia el apoyo del material de la clase; Sin embargo, cabe aclarar, pese a la exposición del Sujeto A, este presenta menos susceptibilidad ante estados de distracción durante las evaluaciones gracias al registro de grabación como apoyo externo. Seguidamente, en la Transformada Rápida de Fourier, se ve reflejado un crecimiento de sus ondas Alpha y beta en respuesta a una aceptación viable de la carga cognitiva y una disminución evidente de sus ondas Gamma, ante un posible estado de seguridad o autoconfianza propia.

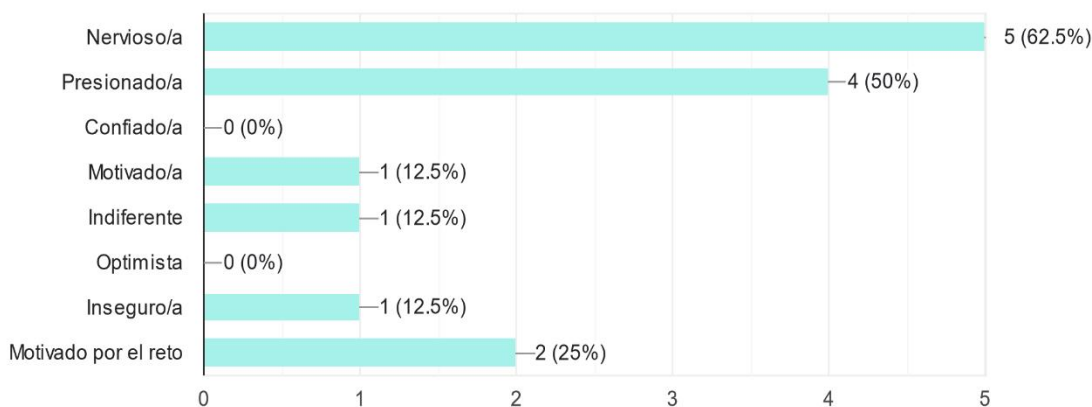


**Ilustración 24.- Resultados (Sujeto 4)**

Con base en la ilustración 24 se presenta un patrón muy similar al sujeto 1. Con la diferencia que, pese a que también no se encuentra en un estado de concentración, se ve reflejado irregularidades en cada una de sus ondas Alpha, Beta y Gamma. Factor debido al indicativo de cansancio, también dato recopilado a través de la encuesta de seguimiento. Por otro lado, la activación cerebral es distinta, en este caso, se ve reflejado una activación intermedia de sus lóbulos Frontal (Leve concentración), Temporal (Carga de aprendizaje) y Occipital (Percepción Visual) hacia su apoyo de notas.

#### 5.4.2 ANÁLISIS POR ENCUESTA DE SEGUIMIENTO SEMANA DOS

En la presente sección se da a conocer la influencia sustentada en cuanto a los estados de ánimo / psicológicos como factor clave con base en el comportamiento de las ondas cerebrales de los estudiantes de física I.

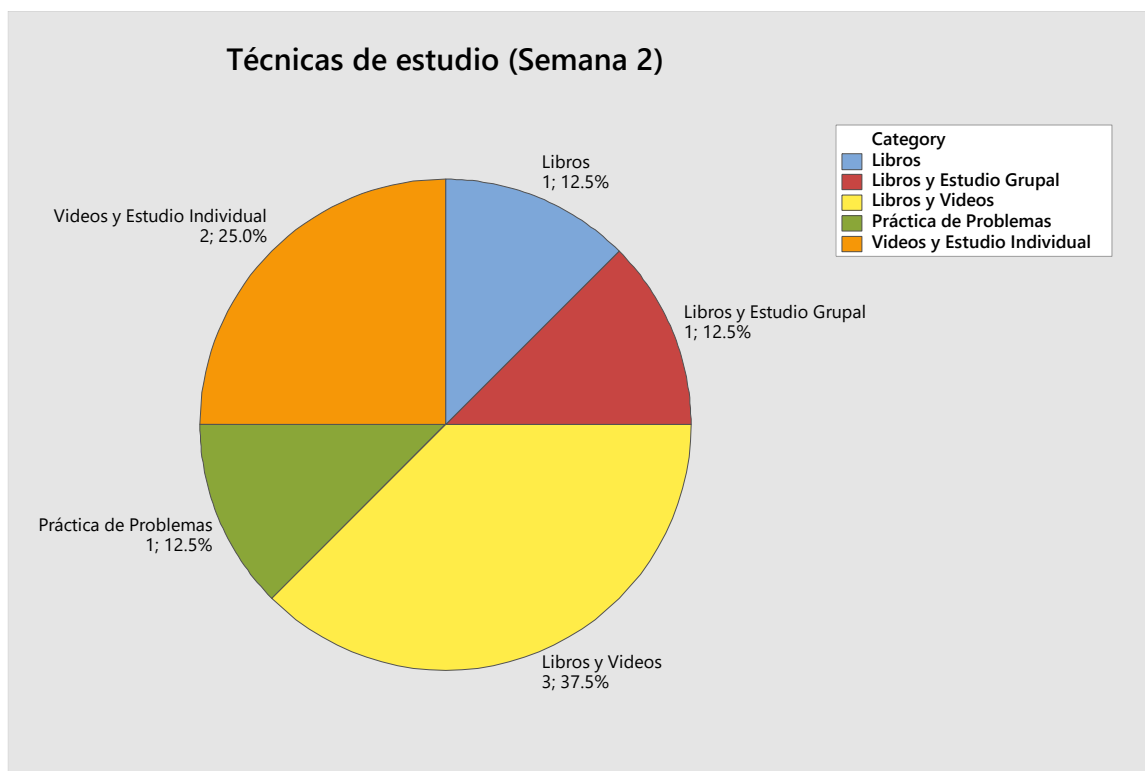


#### **Ilustración 25.- Percepción de límite de tiempo**

La presente Ilustración 25 se toma como referencia debido a su congruencia de los estados de ánimo/ psicológicos por parte de los estudiantes de física y la percepción influida por parte de la notificación del límite de tiempo durante las evaluaciones.

La razón detrás del seguimiento de los estados de ánimo de los estudiantes de física I, se debe a la comprensión del impacto de sus estados en el proceso de aprendizaje. Como bien se conoce, la física es una materia de alto grado de complejidad, requiriendo estados de concentración y procesamiento cognitivo exigente. Así mismo, los estados de ánimo negativos como la ansiedad, fatiga, tristeza, entre otros, podrían afectar la capacidad, memoria y motivación del estudiante en su rendimiento evaluativo.

Por otro lado, en cuanto a la percepción del límite de tiempo, es crucial ya que, les permite a los estudiantes la capacidad de promover la gestión del tiempo, es decir, los sujetos de estudio aprenden a planificar su tiempo y dividir las cargas cognitivas en partes más pequeñas para poder completarlas dentro del plazo establecido.

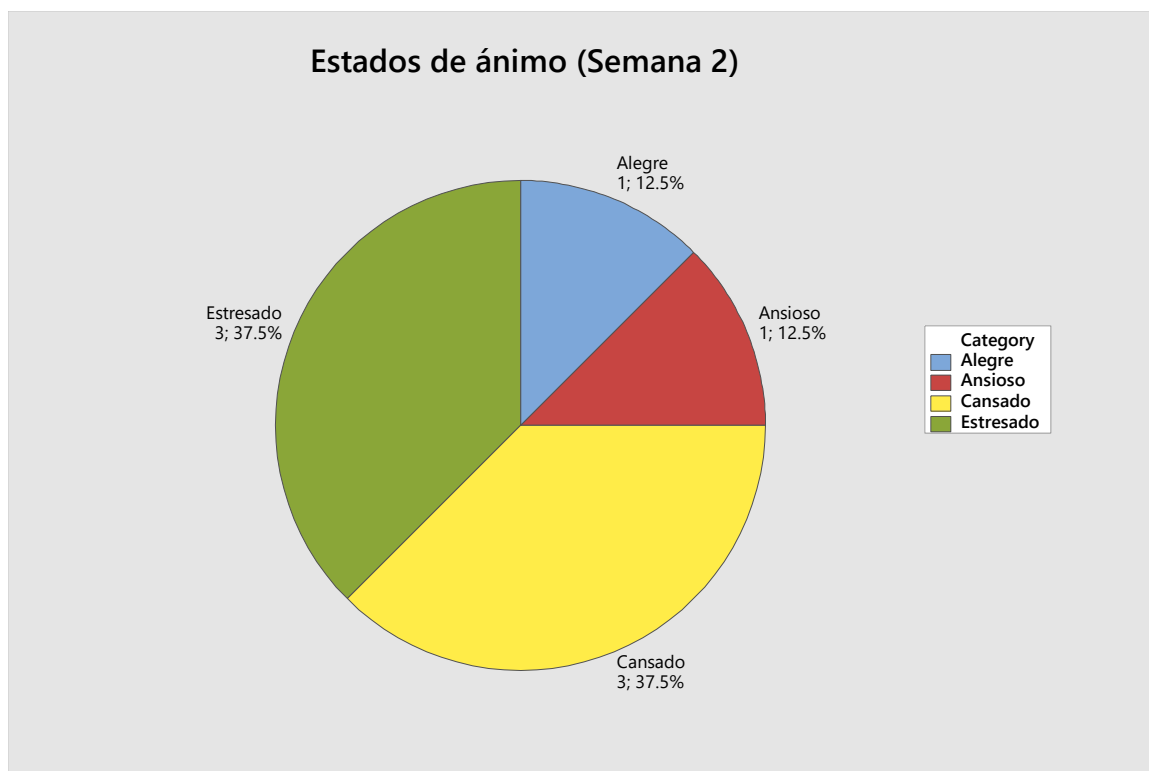


**Ilustración 26.- Metodología de preparación (Semana 2)**

En la ilustración 26 se plantean las diversas técnicas de estudio utilizadas por los estudiantes en *semana 2*, con el objetivo de identificar las preferencias de aprendizaje. Con base en los resultados obtenidos, se ve reflejado una preferencia mayoritaria de “*Libros y Videos*” por parte de los *sujetos 1, 2 y 3* teniendo este apartado un favoritismo del 37.5%. Los demás *sujetos 4, 5, 6 y 7*, tienen distintas metodologías de preparación que van desde estudios grupales, individuales, tutorías y videos. Por consiguiente, un caso en particular es presentado por parte del *sujeto 8*, quien es la única persona en presentar una técnica de estudio únicamente con la “*práctica de problemas*”.

### 5.4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO SEMANA DOS

En el presente enunciado, se recalca la recopilación estadística de la primera jornada de evaluación (*semana 2*). Con la finalidad de presentar datos relevantes en cuanto a los 8 sujetos de estudio. Expuesto lo anterior, se brinda detalle acerca de cada una de las ilustraciones presentadas con la finalidad de proporcionar un entendimiento más fluido en relación con la jornada evaluativa.



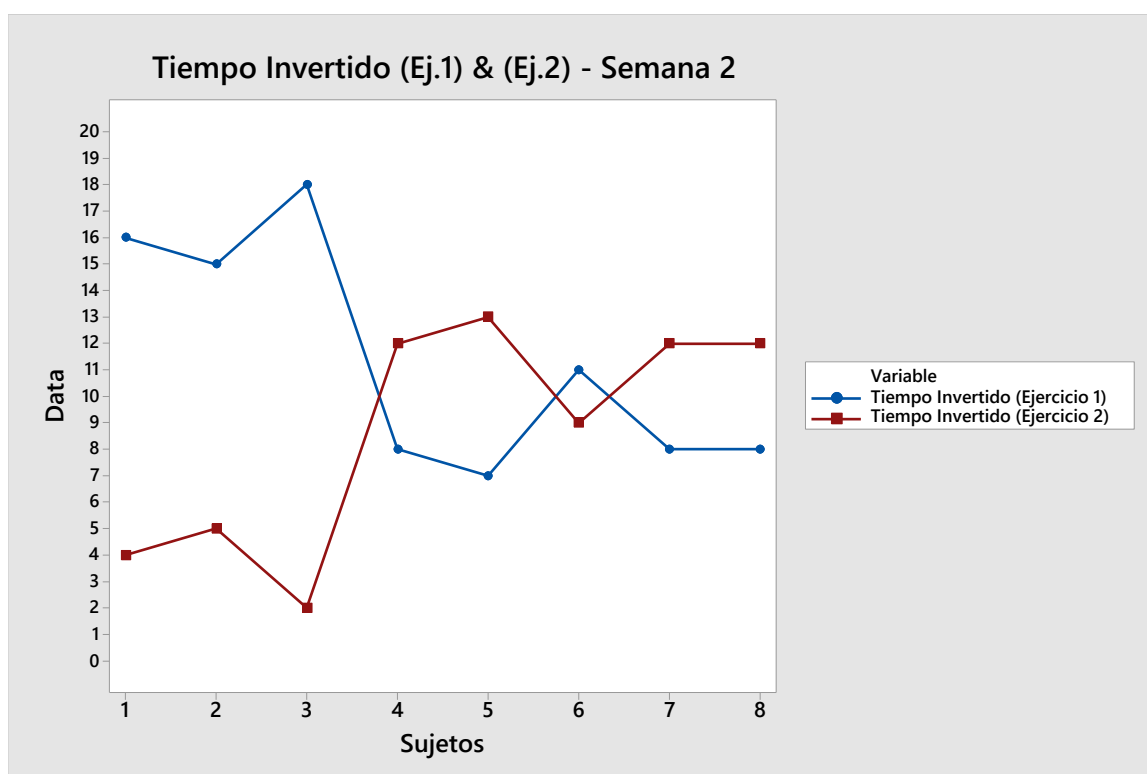
**Ilustración 27.- Estados de ánimo, Fase I**

La ilustración 27, proporciona información acerca de los estados de ánimos de los estudiantes antes de ser sometidos ante las evaluaciones. El propósito de aplicar un seguimiento de los estados de ánimo se debe a la identificación de la comprensión del impacto de este, en cuanto a las metodologías de aprendizaje, estados de retención de información, motivación, pero, sobre todo, el rendimiento académico durante las sesiones. Además, se puede tomar como base la información mencionada anteriormente con la finalidad de proporcionar un panorama en cuanto a la autoconfianza del estudiante, su motivación y preparación previa.

**Tabla 13.-Análisis Estadístico Por Ejercicios (Semana 2)**

Variable	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Median	Maximum
Tiempo Invertido (Ejercicio 1)	11.38	1.53	4.34	18.84	38.16	7.00	9.50	18.00
Tiempo Invertido (Ejercicio 2)	8.63	1.53	4.34	18.84	50.32	2.00	10.50	13.00

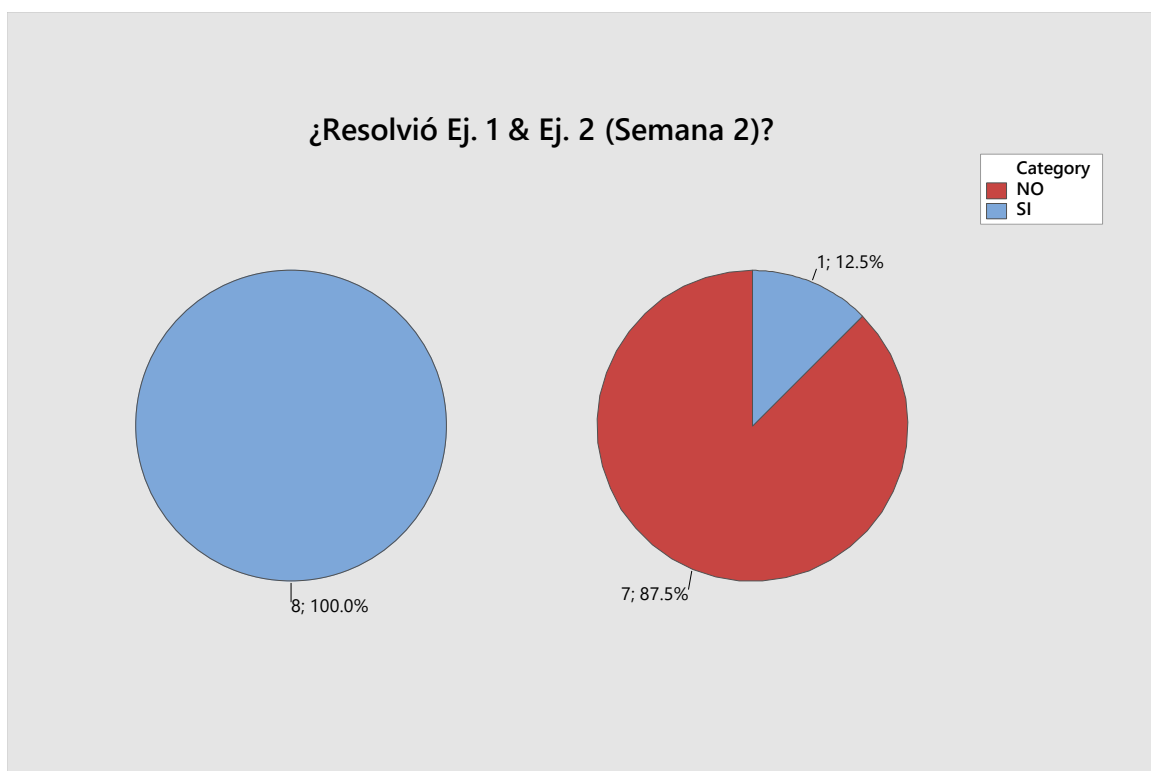
En la presente tabla, se hace énfasis de los tiempos promedio, mínimos y máximos invertidos entre los dos ejercicios planteados en semana dos. Cabe mencionar, que ninguno de los participantes culminó de manera satisfactoria el ejercicio número tres al ser este un nivel intermedio- avanzado, el cual quedaba a estados de incógnita y falta de preparación de los participantes. A continuación, a través de la (Ilustración 28) se brindan más detalles.



**Ilustración 28.- Inversión de tiempo por ejercicio**

Aquí se puede analizar una comparativa crucial en cuanto a los tiempos invertidos de manera individual entre el 1er y 2do ejercicio respectivamente. El propósito se centra, en delimitar por sujeto el tiempo invertido ante el grado de complejidad correspondiente a la evaluación. Es decir, si se observa, se pueden distinguir patrones irregulares por parte de los *sujetos 1, 2 y 3*. Estos presentan amplitudes anormales en cuanto a sus tiempos, es decir, dejan bastante sesgo en sus tiempos invertidos por ejercicio, lo que se podría deducir un estado de carga cognitiva exigente.

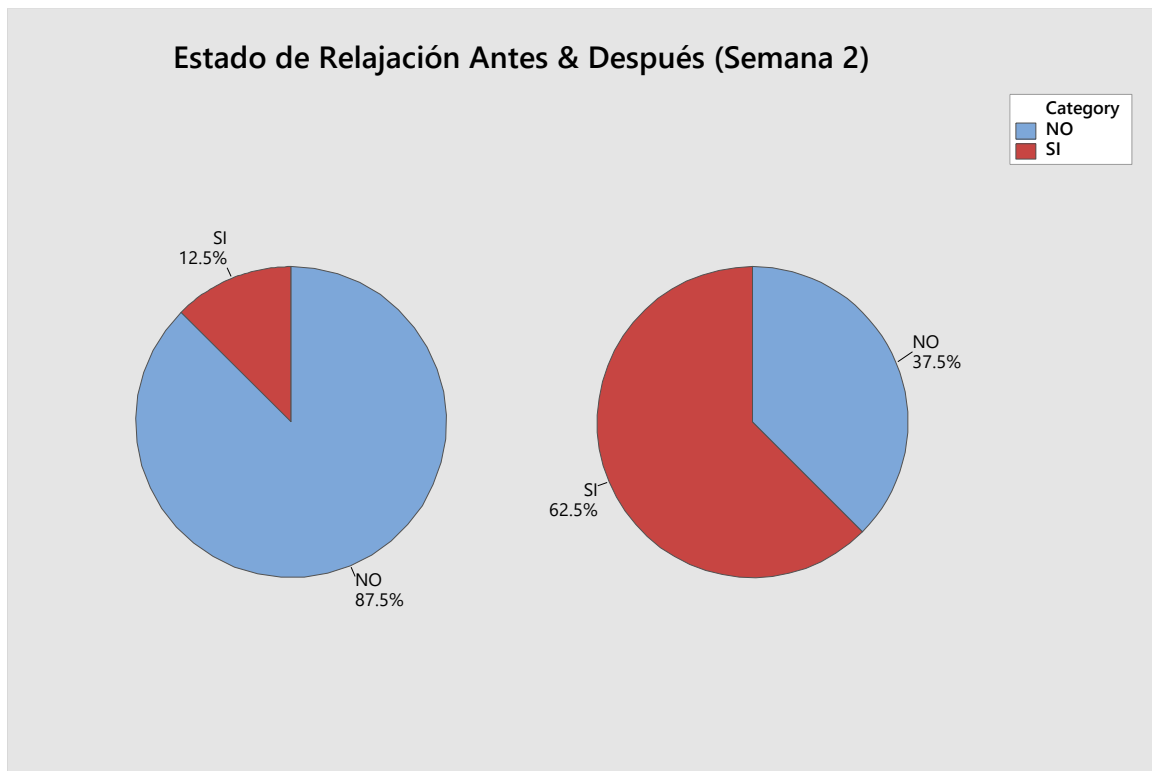
Ahora bien, en cuanto a los *sujetos 4, 5, 6, 7 y 8*. Presentan intervalos de tiempo más reducidos entre cada uno de los ejercicios. Pese a que la mayoría de los individuos consultó el tiempo restante, estos brindan mejores intervalos de inversión por grado de dificultad a lo largo de la sesión.



**Ilustración 29.- Resolución de ejercicios (Semana 2)**

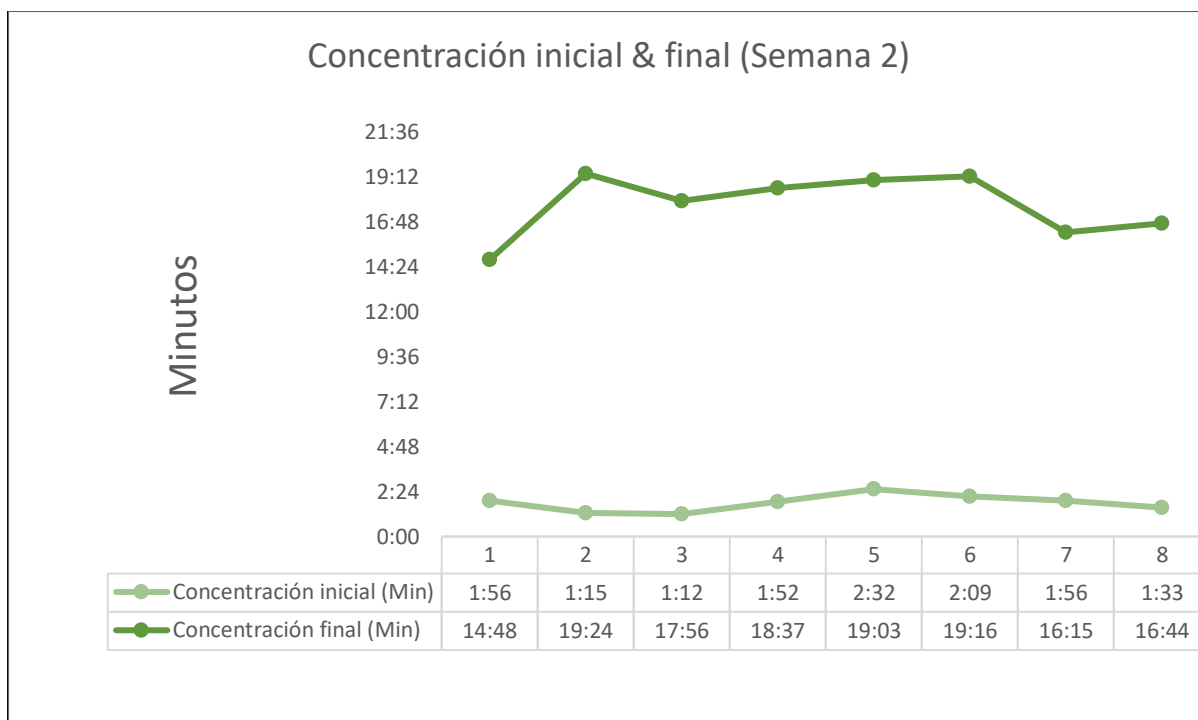
Por consiguiente, en la ilustración 29 se puede dar a conocer el desenvolvimiento real de los estudiantes a lo largo de los veinte minutos. Además, se puede observar que todos los estudiantes resolvieron el ejercicio n.1. No obstante, en el 2do ejercicio, se refleja claramente una percepción de los estudiantes, creyendo que manejan sus tiempos de manera óptima, tratando de priorizar sus lapsos en cada uno de los enunciados. Sin embargo, con base a sus

gestos, expresiones faciales y tomas de tiempo, se determinó que, de los 8 estudiantes, únicamente el (*Sujeto 4*) logró culminar ambos ejercicios.



**Ilustración 30.- Relajación Inicial y Final**

No obstante, en la ilustración 30, se observa el estado de relajación inicial y final por parte de cada uno de los sujetos de estudio. Dónde, se ve reflejado una irregularidad inicial antes de la evaluación, debido a que los estudiantes presentaban ciertos gestos y expresiones faciales de ansiedad, preocupación e inquietud con un porcentaje del 87.5%. Así mismo, debido a la carga constante durante la sesión, también se plantea los estados de relajación final con un contraste mayor al "SI" con un 62.5%,



Fuente: Elaboración propia

### **Ilustración 31.- Concentración Inicial y Final**

Por último, se plantea la ilustración 31, la cual hace indicativo del estado inicial y final de concentración por cada uno de los sujetos. En ella, se ve reflejado los intervalos tiempo a través de los veinte minutos evaluados. Dónde, se puede identificar que el *sujeto 2*, presenta un estado de concentración inicial repentino y un estado final casi cerrado en tiempo límite. No obstante, los sujetos 4, 5 y 6, pese a tener estados de concentración iniciales tardíos, también presentan estados finales justo al tiempo límite, lo que se podría deducir ante un estado de procesamiento de información efectivo.

No obstante, los sujetos (1, 3, 7 y 8) demuestran dificultad para retener la información y/o concentración debido a la carga cognitiva de los enunciados. Además, de presentar cuadros de distracción más repetitivos, tales como sus expresiones faciales y gestos corporales.

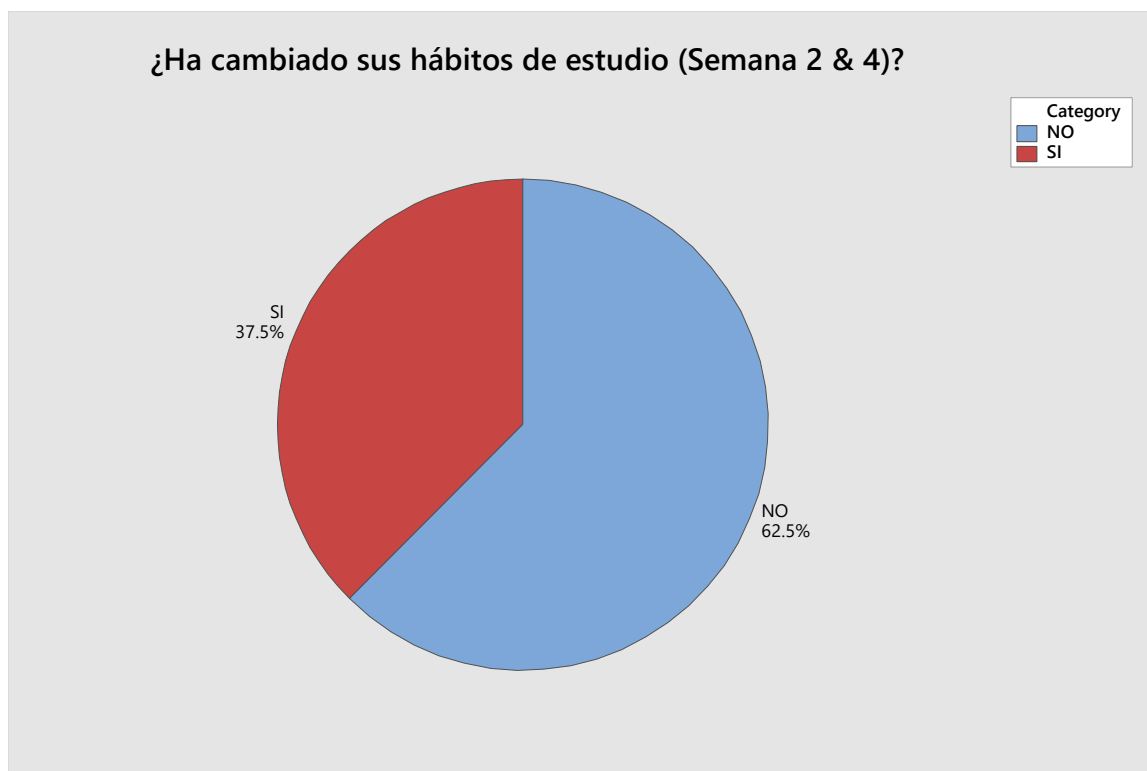
#### 5.4.4 ANÁLISIS POR ENCUESTA DE SEGUIMIENTO SEMANA CUATRO

En el presente apartado, se recalca un seguimiento de las evaluaciones en *Semana 4*. Con la finalidad de contrastar los resultados previos obtenidos siempre con la cantidad de sujetos de estudio. Según el temario correspondiente de *Diagramas de cuerpo libre, fuerzas y aceleración centrípeta*.



**Ilustración 32.- Comprensión con base en el progreso académico**

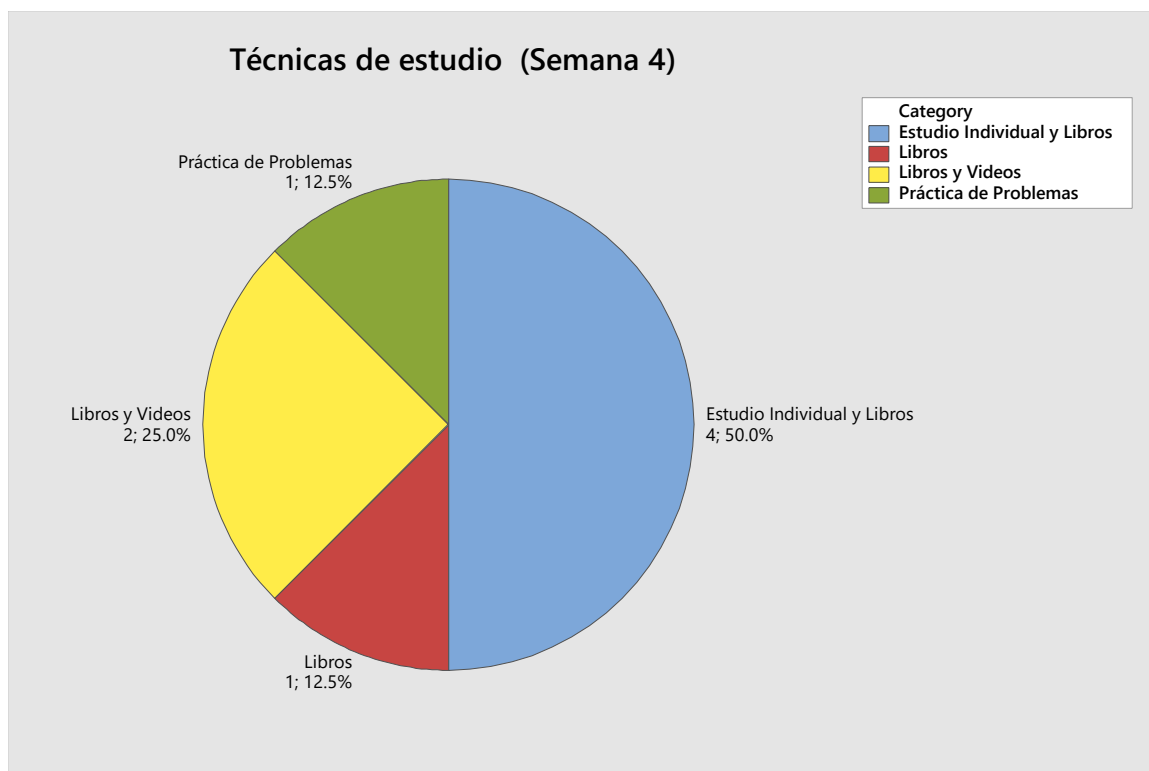
La ilustración 32 corresponde al progreso académico de los estudiantes de Física I desde *semana 1 hasta semana 4*. Con la finalidad de conocer las percepciones cognitivas a lo largo de las jornadas evaluativas.



**Ilustración 33.- Hábitos de estudio (Semana 2 y 4)**

La ilustración 33 corresponde al seguimiento de las técnicas de estudio utilizadas por los estudiantes de Física I. El propósito detrás de esta pregunta rige por conocer las metodologías de preparación previa ante evaluaciones formales dentro de la asignatura. Así mismo, permite conocer áreas de mejora en el plan de estudios y la misma enseñanza de la materia para determinar una efectividad en el rendimiento de los estudiantes.

Como generalidades de semana dos, los participantes establecieron sus técnicas de estudio como las siguientes: *Videos educativos, libros de texto y estudio de preparación individual*, siendo la categoría "Libros y Videos" como la más predominante entre los alumnos con un porcentaje del 24.5%. Ahora bien, a comparación de *semana 4*, los participantes demostraron un cambio notorio en sus metodologías de preparación, las cuales ellos expresaron de la siguiente manera "*Estoy estudiando/ realizando tareas en la madrugada*", "*Dedico horas extras al estudio*", "*He estudiado un poco menos*".



**Ilustración 34.- Metodología de preparación (Semana 4)**

Expresado lo anterior, en la ilustración 33 se hace una recopilación total de las técnicas de preparación de los participantes en semana cuatro. Teniendo una adición en cuanto a la metodología de *"Libros y Estudio Individual"* con una factibilidad del 50% y una retroalimentación anterior de *semana dos* de *"Libros y Videos"* con un porcentaje del 37.5%, teniendo una leve disminución en cuanto a su aplicación con un 25% en semana cuatro. Además, se hace la aclaración que los sujetos 1,4 y 8 mantienen sus técnicas de estudio desde semana dos. No obstante, los sujetos 2,3,5 y 7 optan por establecer una nueva técnica de *estudio individual y libros* con base en su progreso a lo largo de las semanas. Y, el sujeto 6, opta por utilizar la técnica de estudio de *Libros y Videos* pese a su técnica de semana dos, *Videos y Estudio Individual*.

Cabe mencionar, que ambos complementos de aprendizaje son cruciales para el desenvolvimiento durante las cargas cognitivas en el salón de clases como en las sesiones del presente estudio para la determinación del rendimiento académico a lo largo de las semanas con el propósito de identificar enfoques exitosos y mejorar la forma de estudiar de los estudiantes.

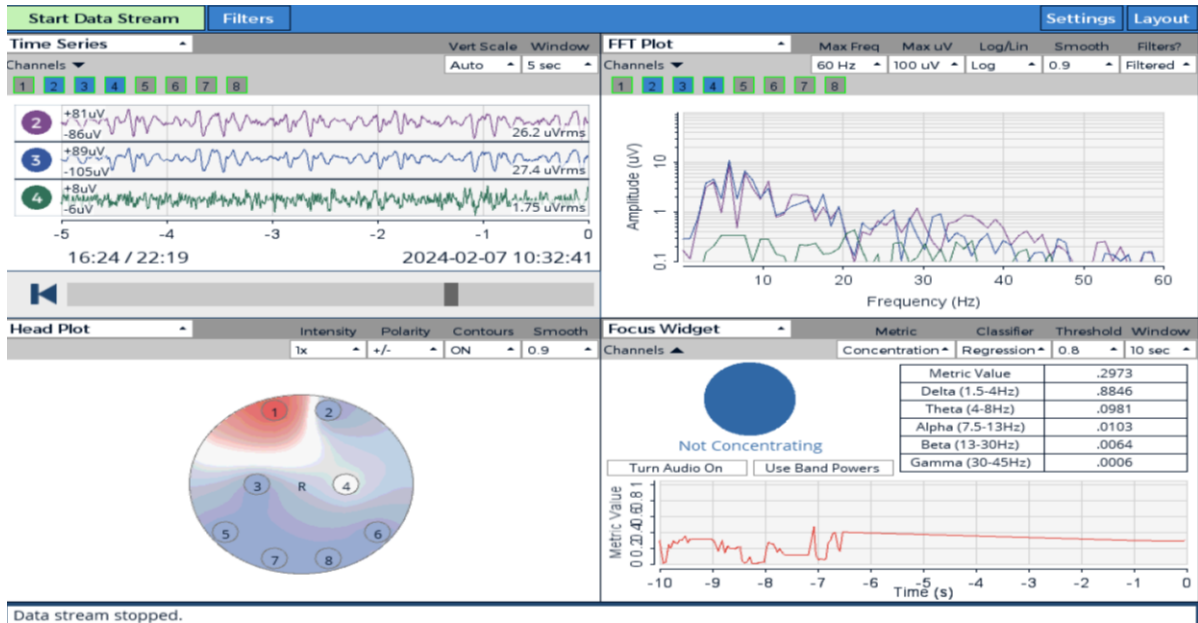


**Ilustración 35.- Percepción de concentración**

En el último apartado, la Ilustración 35 toma como base el estado de percepción de concentración de los participantes juntando las *semanas dos y cuatro* respectivamente. Esto con el objetivo de conocer si presentan dificultades para mantenerse enfocados y atentos durante las actividades de desarrollo. La información obtenida fue esta *"regulares y buenos"* de los participantes. Donde los *sujetos 1, 4, 6 y 7*, presentan percepciones *"regulares"*. Y, los *sujetos 2, 3, 5 y 8* con aprehensión del estado *"bueno"*.

## 5.4.5 RENDIMIENTO EVALUATIVO SEMANA CUATRO

La siguiente sección es una continuación previa de los datos mencionados en Semana 2. Con la finalidad de sustentar una retroalimentación y comparación entre cada una de las semanas. A continuación, se realiza un desglose detallado (Ilustración 36, 37 y 38).



**Ilustración 36.- Resultados (Sujeto 3)**

En la presente ilustración 36, se hace referencia al *sujeto 3*. El cual, al inicio de la sesión, indicó que su estado de ánimo era "estresante" a través de la encuesta de seguimiento de la semana 4. Seguidamente, procediendo con la evaluación correspondiente, se distingue en el primer parámetro del "Time Series" una irregularidad de cada una de las ondas (Alpha, Beta y Gamma) a lo largo del tiempo. Lo que refleja patrones con anomalías al no reflejar una congruencia estable durante su carga cognitiva y presentar varios estados de distracción durante su sesión.

Por otro lado, podemos ver reflejado el comportamiento de las ondas cerebrales a través del parámetro de la Transformada Rápida de Fourier, que, en este caso, se visualizan con una mayor prominencia de las ondas beta y gamma, a través de únicamente un pico de amplitud ( $\mu$ V). Por consiguiente, mediante el mapa topográfico, se puede establecer una actividad cerebral leve asociada al estado de la concentración, que, pese a que el sujeto C no estuvo preparado en su totalidad, hubo activación prominente frontal. También, asociado a la utilización sutil de sus lóbulos occipitales, temporales y parietales.

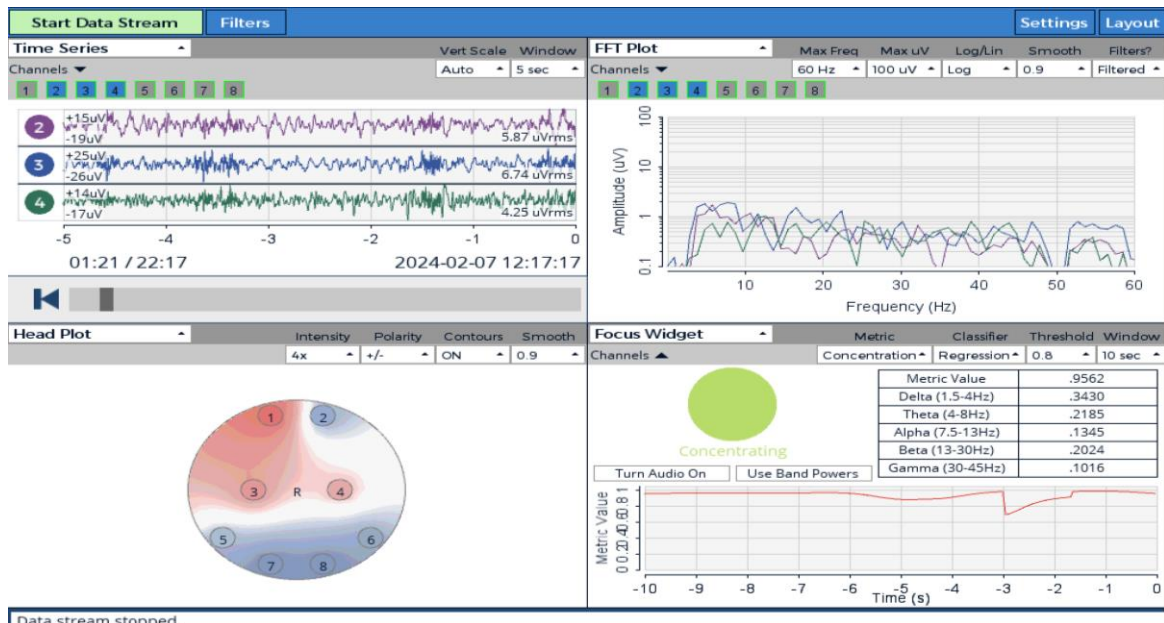
Por último, a través del "Focus Widget" el sujeto fue monitoreado a lo largo de la jornada, no recibiendo respuestas o intervalos específicos en sus estados de retención de información (carga cognitiva) durante los veinte minutos. Cabe mencionar que el estudiante únicamente abordó el primer ejercicio con un tiempo invertido de diecinueve minutos, además de reflejar estados de ansiedad y preocupación por sus expresiones faciales y gestos corporales.



**Ilustración 37.- Resultados (Sujeto 5)**

La ilustración 37 hace referencia el *sujeto 5*. El cual presenta un estado inicial de concentración de forma acertada a lo largo de su evaluación. Cabe mencionar, que el estudiante indicó previamente que su estado de ánimo antes de la jornada era "fatigado". Pese a tener dicha percepción emocional, el participante mencionó que no se *sentía totalmente capacitado para realizar los ejercicios*, lo que trajo como resultado, el no realizar ninguno de los enunciados propuestos.

Sin embargo, pese a sus tiempos y capacidad cognitiva, este refleja un óptimo estado de concentración, visualizado a través de las ondas mencionadas anteriormente, así como una mayor interacción en sus amplitudes  $\mu\text{V}$  mediante la FFT. Donde se percibe una congruencia regular fluida tanto en su etapa inicial, intermedia y final en frecuencia Hz. Además, de identificar un cambio en el comportamiento de su actividad cerebral, lo que podría estar asociado a un determinado balance en cada uno de sus lóbulos, colocando al frontal de forma leve y destacando áreas prominentes temporales y parietales.



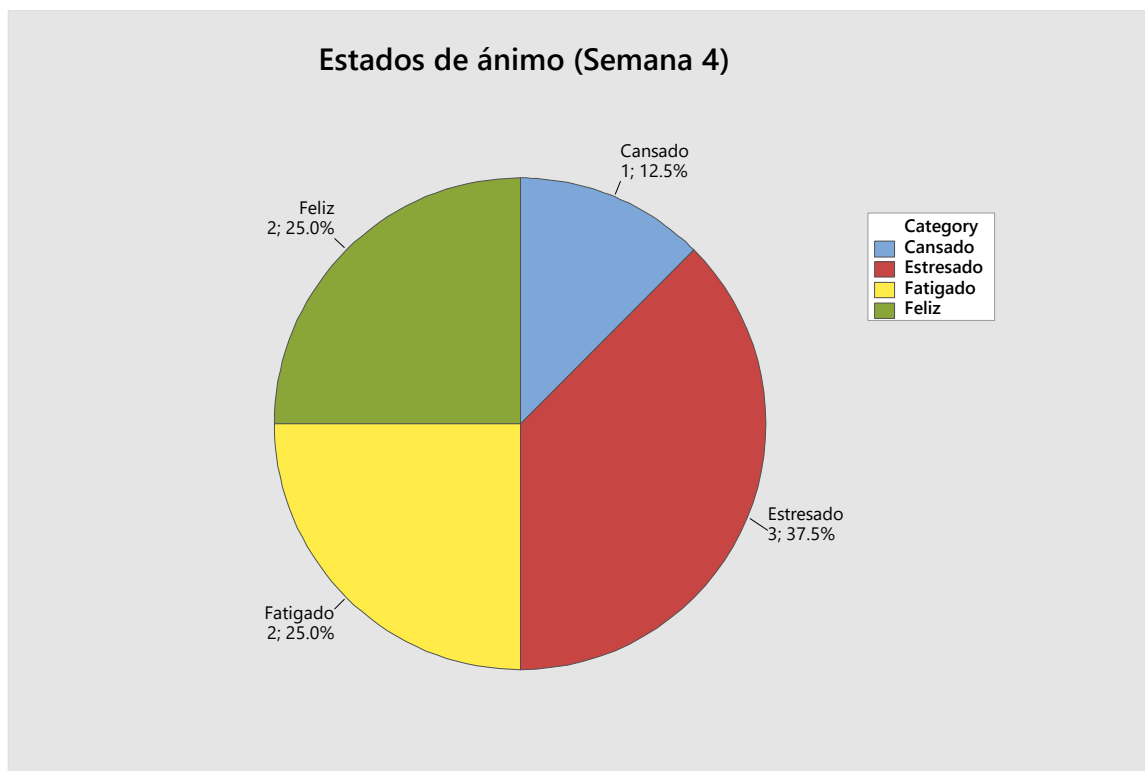
**Ilustración 38.- Resultados (Sujeto 4)**

Como ultimo participante de interés para la semana cuatro, se encuentra a través de la ilustración 38, los resultados del *sujeto 4*. Quien previamente fue evaluado en semana 2, presentando cuadros seguidos de distracción y falta de concentración. No obstante, en la segunda etapa de mediciones, el estudiante demostró un grado notable de mejoría en cuanto a su desenvolvimiento cognitivo.

En primera instancia, se pueden ver reflejadas las ondas Alpha, beta y gamma de manera prominentes a través del tiempo y amplitud  $\mu\text{V}$ , cumpliendo con el patrón de una onda beta tradicional. Lo que indica puntos específicos iniciales, intermedios y finales de retención de información gracias a la herramienta de la FFT.

Así mismo, el estado de ánimo del sujeto fue "*Feliz*", lo que indica un rendimiento evaluativo optimo pese a únicamente realizar uno de los ejercicios planteados. Por consiguiente, mediante el mapeo topográfico cerebral, se puede ver reflejado la utilización de su lóbulo frontal ante estados de concentración y el lóbulo temporal como referencia ante estados de aprendizaje y memorización, estableciendo una buena utilización de sus tiempos durante las mediciones.

#### 5.4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO SEMANA CUATRO



**Ilustración 39.- Estados de ánimo, Fase II**

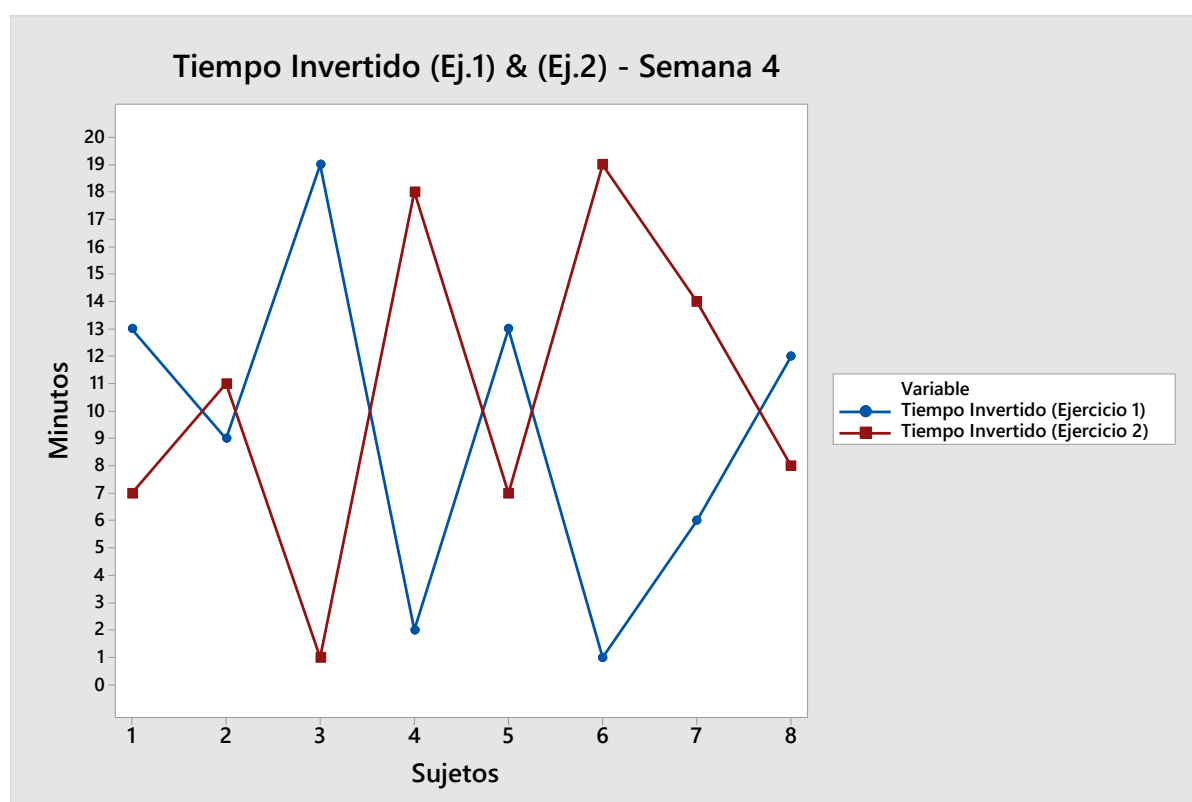
En la ilustración 39 se ve reflejado los estados de ánimo de los participantes en Semana cuatro. Cabe resaltar que los estudiantes fueron sometidos a evaluaciones formales dentro de la asignatura más la realización de los ejercicios de esta investigación, con base en su progreso semanal. Interpretando los datos se ven de la siguiente manera, a diferencia del estado emocional de los participantes en *semana dos* tomando de referencia la (Ilustración 24), presentaron cuadros de "estrés" y "cansancio" con porcentajes del 37.5% en su mayoría.

Por consiguiente, a partir de semana cuatro, los *sujetos 3, 7 y 8* presentan estados de "estrés" debido a las cargas académicas correspondientes a dicha semana, que incluyen presentaciones, proyectos y falta de entendimiento de los temas de física I, alcanzado un porcentaje del 37.5%. No obstante, los *sujetos 5 y 6*, presentan cuadros de "fatiga" por razones de la carga académica laboral y estudiantil. Además, los *sujetos 1 y 4*, presentan cuadros de "felicidad" antes de ser sometidos a las evaluaciones, representando un porcentaje del 25%. Y, para concluir, el *sujeto 2* es el único que todavía presenta estados de cansancio desde semana dos, reflejando un porcentaje de 12.5%.

**Tabla 14.- Análisis Estadístico Por Ejercicios (Semana 4)**

Variable	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Median	Maximum
Tiempo Invertido (Ejercicio 1)	9.38	2.16	6.12	37.41	65.24	1.00	10.50	19.00
Tiempo Invertido (Ejercicio 2)	10.63	2.16	6.12	37.41	57.57	1.00	9.50	19.00

Referente a semana dos, los ejercicios tuvieron una reducción respecto al nivel tres de complejidad, debido a la carencia de intervención y desarrollo por parte de los participantes. Además, cabe mencionar, que, a través del análisis estadístico presentado de semana cuatro, se ven reflejados desenvolvimientos de cargas cognitiva exigentes. Debido a la consideración de mantener un grado de complejidad desafiante pese a tener dos ejercicios únicamente. En la (Ilustración 40) se brindan más detalles.

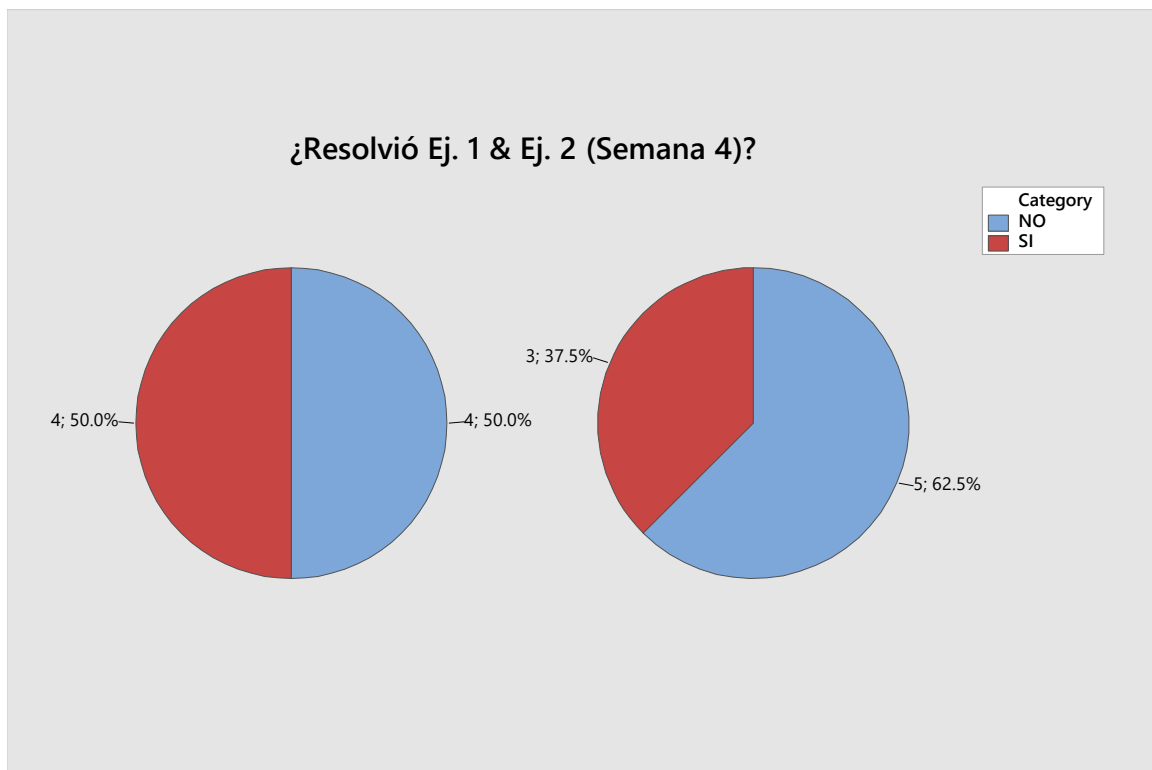


**Ilustración 40.- Inversión de tiempo por ejercicio**

En la presente ilustración, se hace referencia acerca de los tiempos invertidos por parte de los participantes en *semana cuatro*. Cabe resaltar que los resultados siempre fueron validados a través de los veinte minutos de disposición total durante las jornadas.

Por ende, los resultados fueron los siguientes. Primeramente, se puede ver reflejado un grado de apertura en el lapso de resolución de los ejercicios, esto quiere decir que poniendo en marcha el nivel de complejidad I y II intermedio. Los estudiantes cuentan con mayores intervalos de tiempo en su desenvolvimiento, lo que refleja una mayor percepción en cuanto al procesamiento cognitivo. Además, tomando de referencia los datos de *semana dos* (Ilustración 28) se pueden ver reflejados cambios notorios en cuanto al rendimiento de cada participante en sus periodos de ejecución.

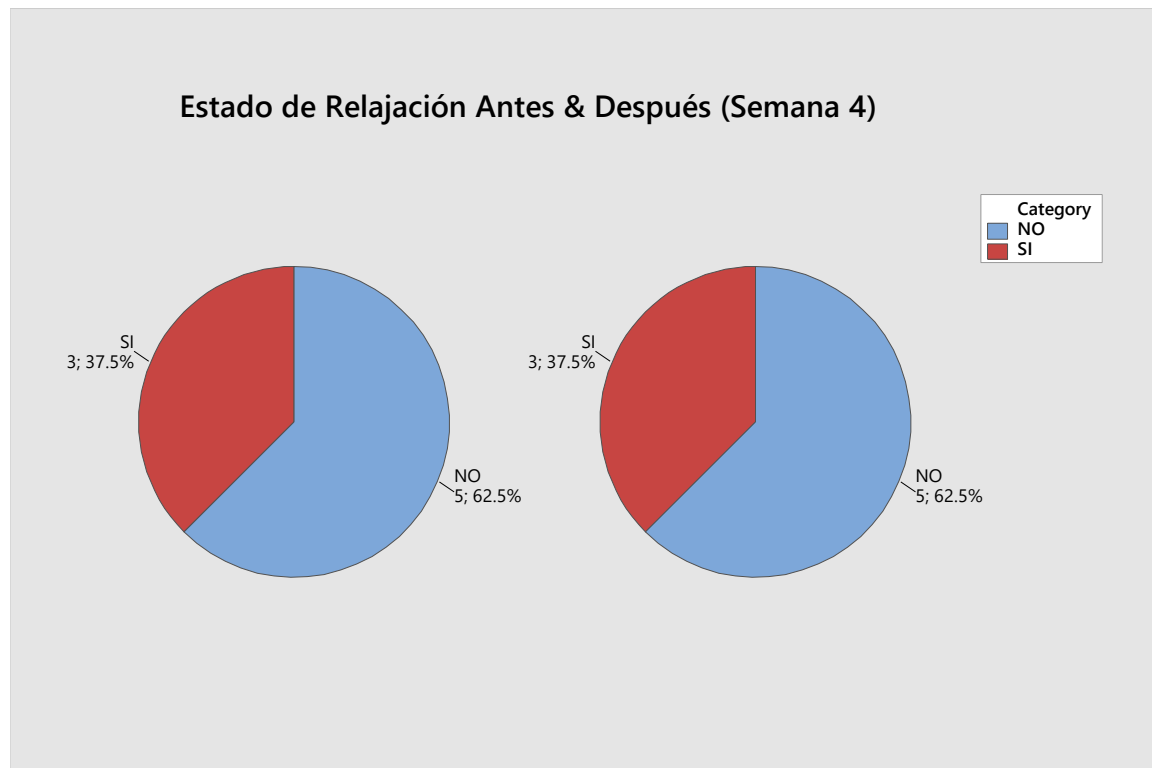
Por consiguiente, las diferencias son las siguientes. *El sujeto 1, 2 y 8* invierten la mayor parte de su tiempo en el ejercicio n.2, dejando un lapso corto de resolución en el ejercicio n.1, cabe resaltar que únicamente terminaron uno de los enunciados correspondientes. Así mismo, los *sujetos 3, 4, 5, 6 y 7*, presentan intervalos de tiempo y amplitudes similares en el transcurso de las evaluaciones, representando estados de carga cognitiva constante y dificultad con el procesamiento de información y/o concentración, también teniendo el mismo efecto de únicamente resolver uno de los ejercicios solicitados.



**Ilustración 41.- Resolución de ejercicios (Semana 4)**

De acuerdo con el progreso de los estudiantes en *semana dos y cuatro*, en la ilustración 41 se ve reflejado los porcentajes de desenvolvimiento académicos a través de cada uno de los ejercicios correspondientes. Como se mencionó anteriormente, la mitad de los

participantes logró resolver el ejercicio n.1, que corresponden a los sujetos (1, 2, 3 y 8), con una factibilidad del 50%, en cambio, el resto de los sujetos no logró completar el enunciado n.2 por complicaciones en la distribución de su tiempo. Por consiguiente, en el desarrollo del ejercicio n.2, los *sujetos* (3, 5 y 7) fueron los únicos participantes en lograrlo con éxito. No obstante, pese al desenvolvimiento de sus tiempos, estos presentaron dificultades en cuanto al dominio y distribución de sus lapsos debido a la dificultad de los enunciados.

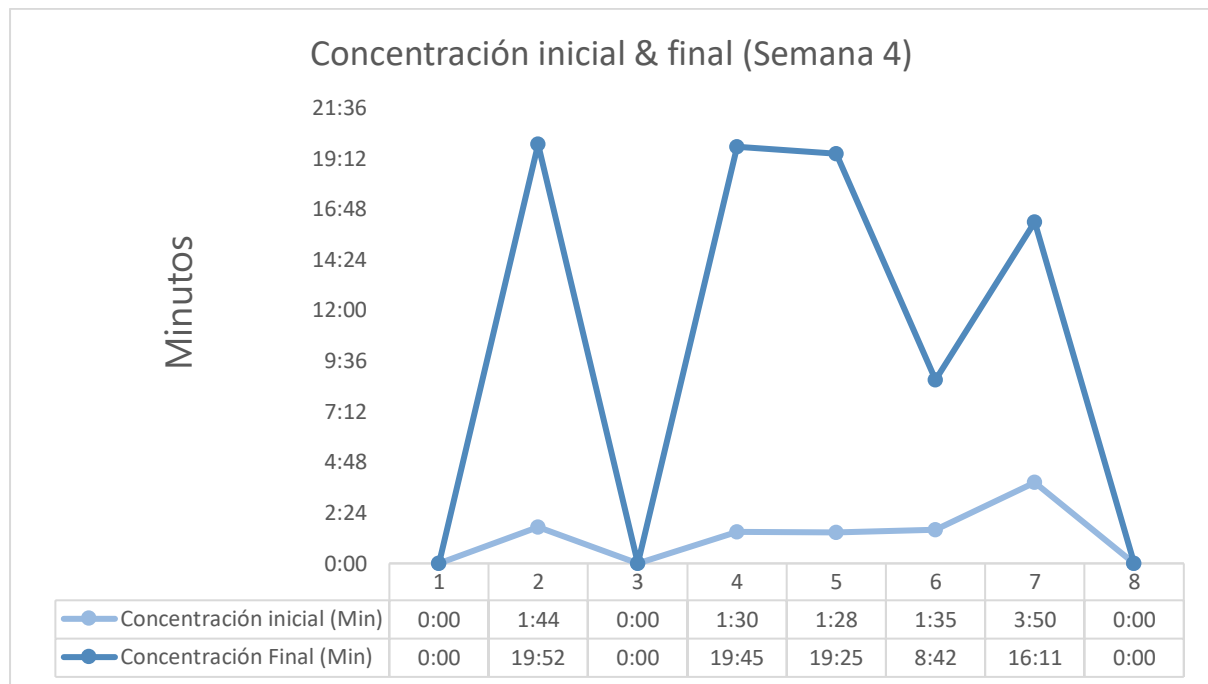


**Ilustración 42.- Relajación Inicial y Final**

De acuerdo con el nivel dificultad de las evaluaciones de semana cuatro, se puede ver reflejado a través de *semana 4* los estados de relajación antes y después de los ejercicios, lo que induce a la cantidad de información procesada por cada uno de los estudiantes. Basándose en la toma de datos, como estado inicial, los *sujetos* (5, 7 y 8) presentan buena adaptabilidad de preparación cognitiva previa de la sesión. No obstante, los *sujetos* (1, 2, 3, 4 y 6) presentan dificultades de relajación previa, basado en los parámetros de "Focus Widget" en tiempo real.

Seguidamente, los sujetos (5 y 7) siempre reflejan un estado de relajación posterior a la evaluación. A excepción del sujeto H, que presenta un leve cambio en su estado de calma y no se mantiene estable. Por otro lado, los sujetos (1, 2, 4, 6 y 7) presentan cambios notorios en cuantos, a sus estados finales, esto debido a la carga cognitiva exigente por parte de los

enunciados. Así mismo, existe un cambio contundente por parte del sujeto C, que previamente no contaba con un estado de calma y al finalizar, su cambio fue repentino.



**Ilustración 43.- Concentración Inicial y Final**

Con base en la ilustración 43, se notan cambios drásticos por parte del desenvolvimiento académico de los estudiantes. En comparación con los resultados de Semana 2, los *sujetos* (1, 3 y 8) sustentan cambios de nula concentración a través del tiempo límite, reflejados como "00:00". Pese a eso, fueron capaces de resolver uno de los ejercicios planteados. No obstante, el *sujeto* 2, 4 y 5 presentan cuadros iniciales de concentración óptimos y un excelente periodo final de retención de información. El sujeto F, refleja un estado de concentración inicial temprano pero un déficit con su ultimo intervalo de concentración, que, por motivos de salud, el estudiante no se encontraba en condiciones óptimas para mantener el rendimiento. Y, por último, se presenta al *sujeto* 7, que, a pesar de tener un periodo de concentración un poco tardío, presentó cierto déficit en su última captación, pero, es un rango adecuado.

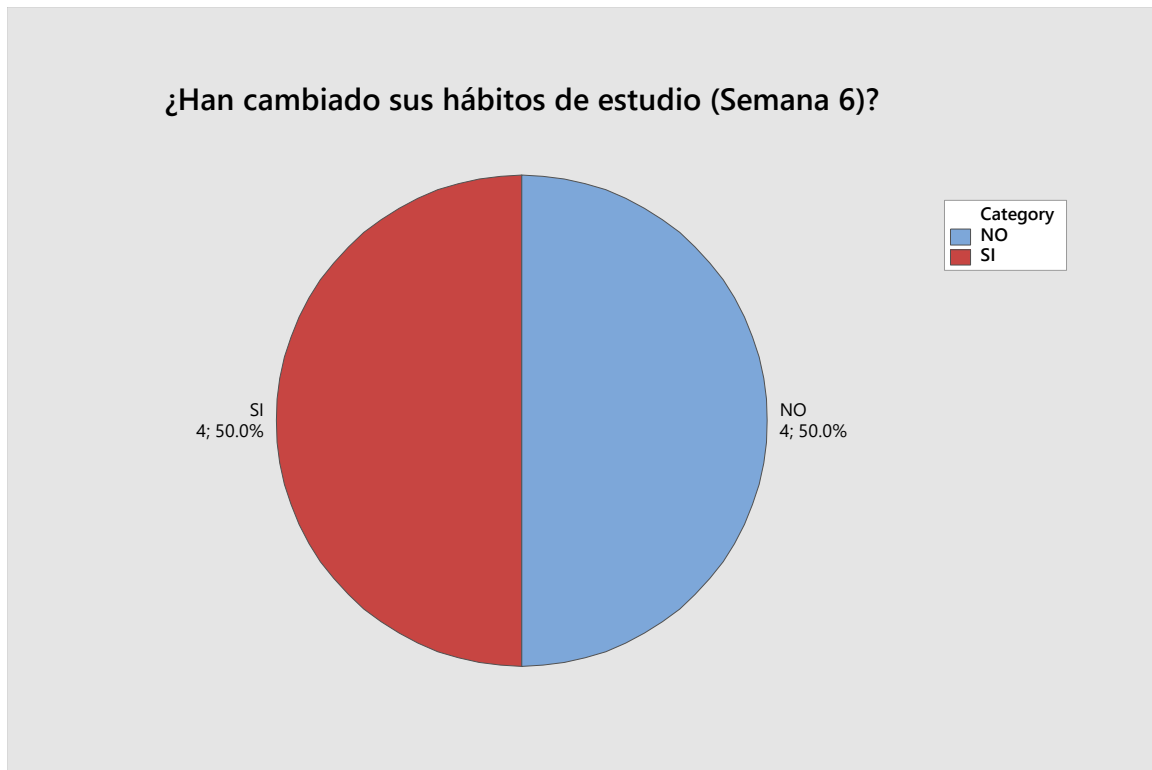
#### 5.4.7 ANÁLISIS POR ENCUESTA DE SEGUIMIENTO SEMANA SEIS

En el presente apartado, se recalca un seguimiento de las evaluaciones en *Semana 6*. Con la finalidad de contrastar los resultados previos obtenidos siempre con la cantidad de sujetos de estudio preliminar. Según el temario correspondiente de *Movimiento Angular*.



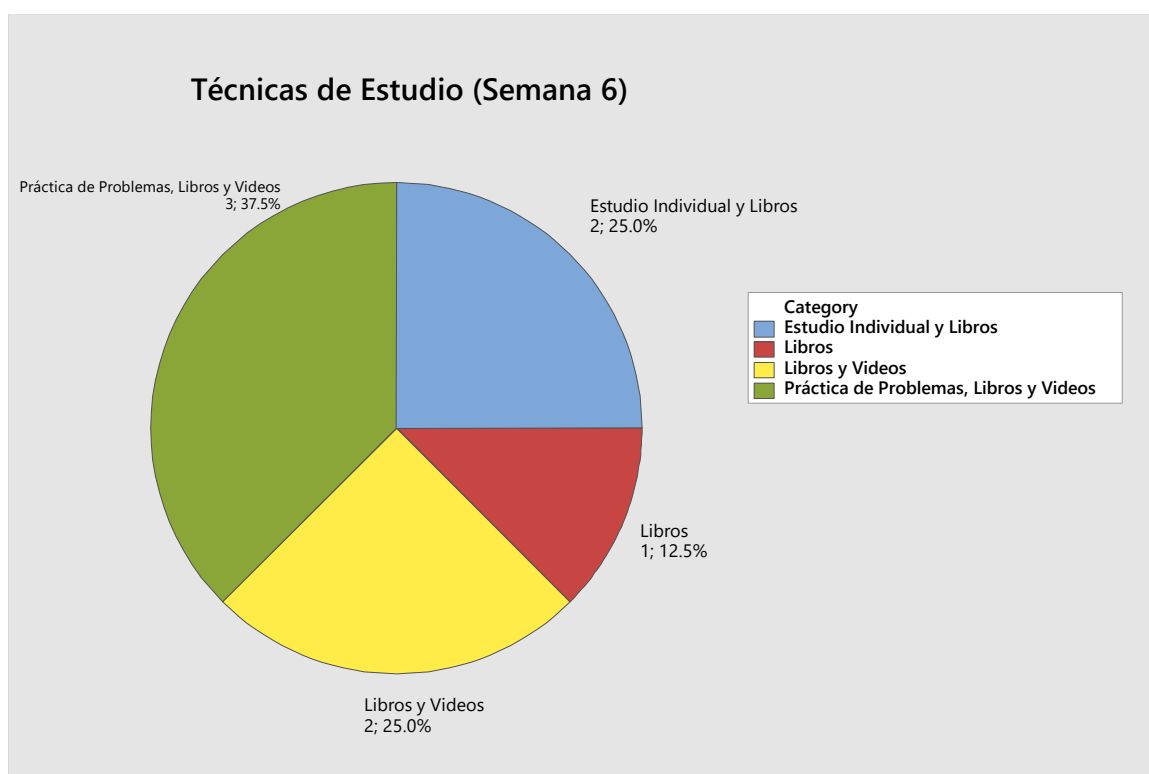
**Ilustración 44.- Comprensión con base en el progreso académico**

En la presente ilustración, se hace recopilación acerca de la percepción del desenvolvimiento y comprensión académica de los participantes en la última semana de evaluaciones. En ella, se ve reflejado un entendimiento óptimo por parte de la mayoría de los estudiantes en cuanto al tema de Movimiento angular a excepción del sujeto 4.



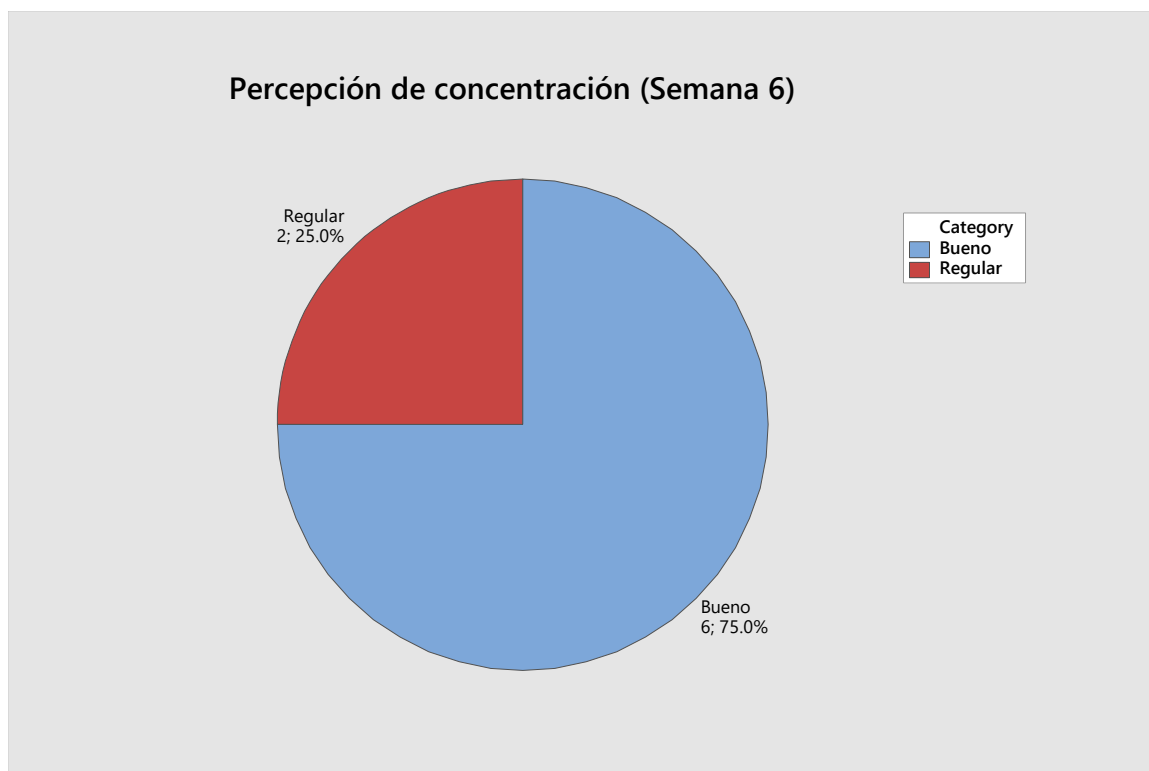
**Ilustración 45.- Hábitos de estudio (Semana 6)**

Con base en la retroalimentación proporcionada por la jornada evaluativa de semana cuatro, se aplica un contraste con la presente semana para abordar diferencias, similitudes y percepciones por parte de los participantes. De los ocho estudiantes, los *sujetos 1,2,4 y 6*, mantienen sus técnicas de estudio desde semana cuatro por su manera tradicional de aprendizaje y comodidad pedagógica. Sin embargo, los *sujetos 3,5,7 y 8*, optaron por cambiar sus metodologías de aprendizaje, debido a posibles cambios necesarios en el progreso semanal de la asignatura de Física I.



**Ilustración 46.- Metodología de preparación (Semana 6)**

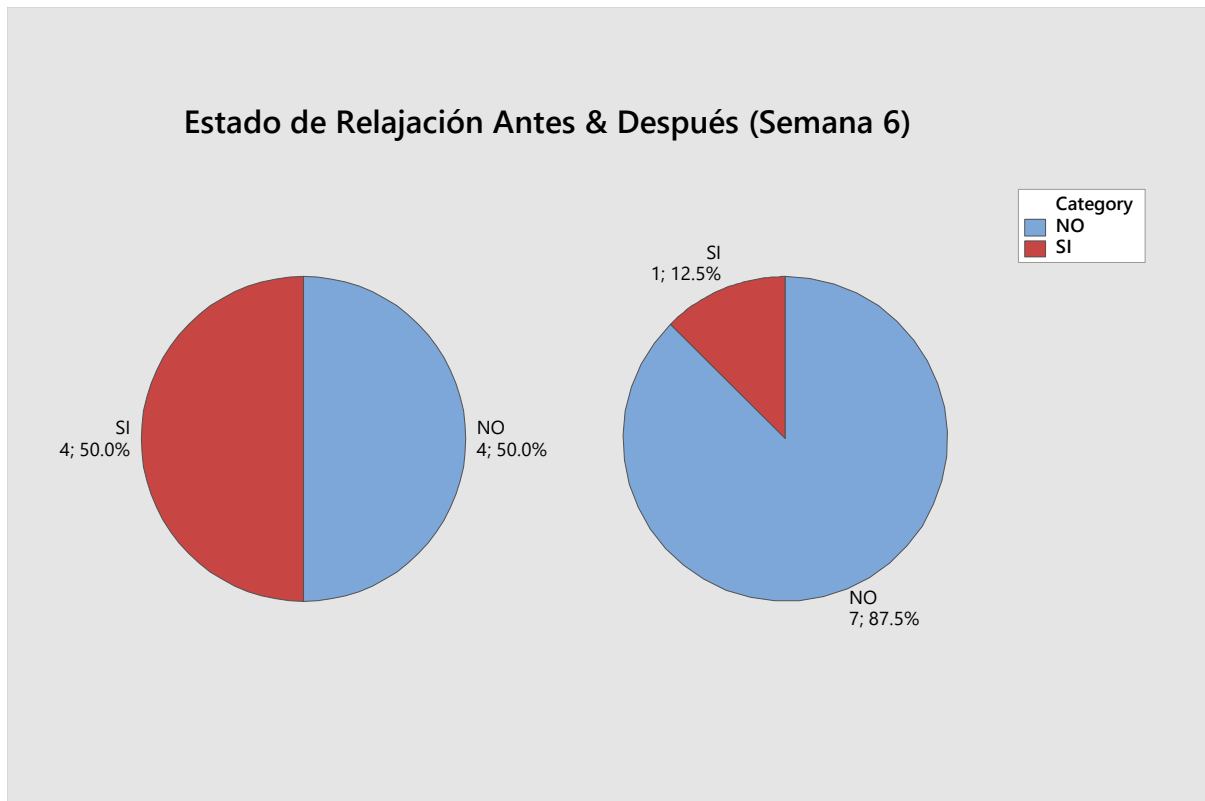
Centrándose en la recopilación de metodologías de aprendizaje de semana seis, se ve un cambio notorio en cuanto a la empleabilidad y aplicación de *Practica de Problemas, Libros y videos* con un 37.5% por parte de los *sujetos 3,7 y 8*. Además, todavía existe una preferencia neutra en cuanto a *Libros y Videos* con un porcentaje de selección del 25% de los *sujetos 1 y 6*. Y, en contraste, se aplica una reducción en cuanto a la metodología de *Estudio Individual y libros*, que a diferencia de semana cuatro, contaba con el 50% de preferencia, ahora únicamente con el 25% de los *sujetos 2 y 5*.



**Ilustración 47.- Percepción de concentración**

La percepción de concentración para semana seis, fue llevado a cabo siempre utilizando la encuesta de seguimiento como apoyo externo para identificar variaciones en cuanto a las tres fases de mediciones. Por ende, en la presente ilustración, los participantes aún mantienen estados *buenos* y *regulares* en cuanto a la percepción de sus estados de concentración. Específicamente, los sujetos 2 y 4 con un 25% y el resto de los participantes con una noción del 75%.

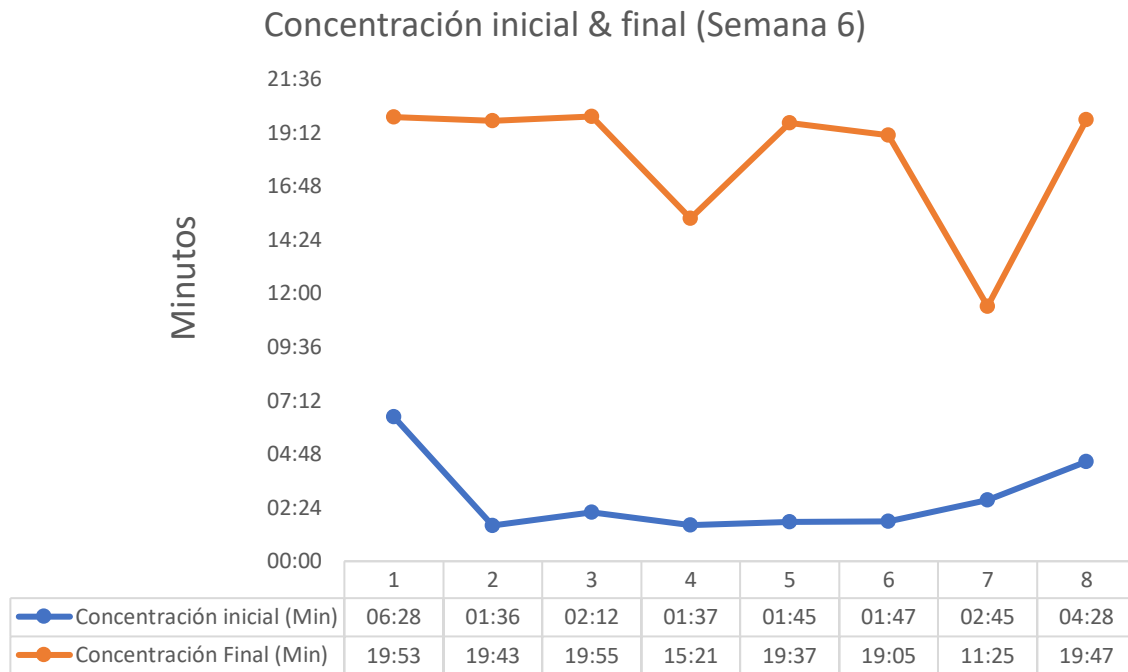
Además, es necesario mencionar que la metodología de evaluación en semana seis, varia en cuanto al temario, dificultad y cantidad de ejercicios. Esto debido a un bajo progreso de los participantes en semana dos y cuatro en el desarrollo de ejercicios planteados y retroalimentación por parte del coordinador de ciencias y matemáticas. En cuanto al temario, se basó en Movimiento Angular según el calendario de la asignatura. La dificultad fue dividida en dos etapas, tres ejercicios teóricos y dos prácticos con un nivel intermedio para facilitar el desenvolvimiento cognitivo de los participantes. Pese a que la dificultad variaba, el docente estableció una cantidad total de cinco ejercicios para crear un estado robusto de desenvolvimiento y tiempo de ejecución, para no sesgar las mediciones.



**Ilustración 48.- Relajación Inicial y Final**

Tomando de referencia los estados de relajación de semana cuatro, estos reflejaban el 37.5% inicial y el 37.5% final. Los resultados de semana seis varían significativamente ya que, el nivel de complejidad disminuyó y la cantidad de ejercicios aumentó para mantener un nivel desafiante de los participantes. Es por ello, que los sujetos 1,4,5 y 6 mantienen estados iniciales adecuados debido a su preparación cognitiva temprana y los sujetos 2,3,7 y 8 tienen dificultades para mantener un estado de atención y serenidad antes de la evaluación correspondiente.

Caso similar, ocurre en el estado de meditación final, donde solamente se plantea el caso del sujeto 1 como el único con calma pese a la cantidad de ejercicios planteados. Y, el resto de los estudiantes, reflejan estados inconsistentes de relajación donde más adelante se abordarán más especificaciones.



#### **Ilustración 49.- Concentración Inicial y Final**

A continuación, se hace un análisis profundo en cuanto a todas las variables y progreso evaluativo de cada uno de los participantes para la tercera y última jornada de mediciones. Cabe resaltar, que, mencionado anteriormente, la dificultad de las evaluaciones para semana seis disminuyó debido a un bajo progreso de los ejercicios resueltos desde semana dos y cuatro, esto con la finalidad de fomentar un mejor desempeño académico.

Cabe resaltar, que, en la tercera fase de mediciones establecidas, los sujetos 1,3 y 8, presentaron una leve mejoría en cuanto a su rendimiento de concentración. No obstante, todavía mantenían la revisión constante de material de apoyo y estados de pensamiento o duda constantes ante la complejidad de los ejercicios planteados. Además, los participantes tuvieron respuestas de concentración inicial tardías a lo largo de su jornada, pero, demostraron un mejor rendimiento a diferencia de semana cuatro los cuales reflejaban estados inexistentes de atención, resolviendo cada uno cuatro de los cinco ejercicios propuestos.

Por otro lado, los sujetos 2 y 5 presentaron cuadros de concentración decentes en su desenvolvimiento evaluativo y periodos de retención final de información adecuados que les permitieron resolver cuatro de cinco ejercicios. Demostrando leves estados de distracción y gestos corporales notables por cada participante.

En contraste, existen dos sujetos de interés, que van desde el sujeto 4 y 6. Ambos demostraron un desenvolvimiento rápido al culminar sus evaluaciones con tiempos de 17 y 19 minutos. Como aclaración, el sujeto 4 fue la única persona en demostrar una agilidad y comprensión de temas, pese a establecer en la encuesta de seguimiento un estado de “no comprensión” respecto al temario de semana seis. Así mismo, demostrando leve gestos y expresiones faciales que comprometieran su rendimiento. Por consiguiente, el sujeto 6 tuvo un intervalo justo en cuanto a la realización de los incisos, pero, logro culminar todos los ejercicios.

Caso contrario, el sujeto 7 indicó previamente que comprendía los temas sin problemas y también demostró un tiempo de finalización de 13 minutos, pero, esto debido a la carencia de entendimiento de los incisos cuatro y cinco, los cuales abarcaban niveles de complejidad intermedia. Además, expresó lo siguiente al finalizar la evaluación “No puedo más, hasta aquí llegué, no entiendo y estoy confundida”.

## 5.4.8 RENDIMIENTO EVALUATIVO SEMANA SEIS

En el presente apartado, se recalca un seguimiento de las evaluaciones en *Semana 6*. Con la finalidad de contrastar los resultados previos obtenidos siempre con la cantidad de sujetos de estudio. Según el temario correspondiente *Movimiento Lineal*.



**Ilustración 50.- Resultados (Sujeto 2)**

En la presente ilustración, se vuelve a recalcar la participación del sujeto 2, debido a que presentó un buen rendimiento en cuanto a su evaluación y división de tiempos por inciso pese a tener leves gestos y expresiones faciales durante la realización de estos. Por otro lado, como detalle principal, se identifica el mapeo cerebral, el cual refleja siempre una activación predominante en su lóbulo frontal y una disminución ejercida de su lóbulo temporal responsable de su proceso de memorización y aprendizaje.

Seguidamente, a través del parámetro de la Transformada Rápida de Fourier, se ve reflejado el pico inicial de la amplitud máxima en  $\mu\text{V}$ , seguido de la disminución de las ondas beta donde a través del tiempo su estado de concentración varia. Sin embargo, el estado de ánimo del participante se deriva al cansancio, que, pese a eso, demuestra un estado cognitivo adecuado para su desarrollo evaluativo.



### Ilustración 51.- Resultados (Sujeto 3)

Con base a las evaluaciones de semana seis, el sujeto 3 demostró una mejoría en cuanto a su rendimiento previo de semana cuatro. Esto debido a que, para dicha semana, el sujeto estableció espacios de estudio previo al temario evaluado. Además, de demostrar leves estados de distracción y gestos involuntarios que perjudicaran su desarrollo.

Seguidamente, se profundizada en cada uno de sus parámetros de la sesión, que a partir del mapeo topográfico se ve reflejado siempre una activación cerebral por parte de su lóbulo frontal y una leve disminución de saturación en su zona occipital que hace referencia a su percepción visual. Por consiguiente, a través de la FFT, se identifica un patrón constante a través del tiempo de sus ondas beta, alfa y gamma.

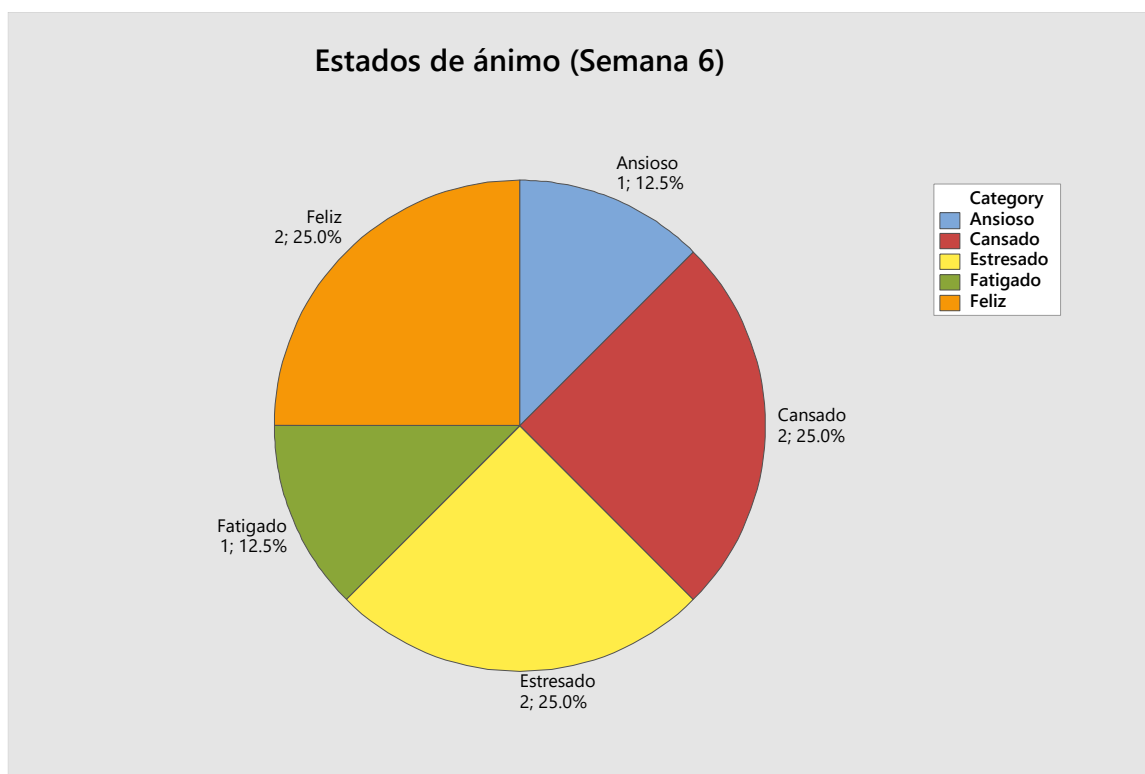


**Ilustración 52.- Resultados (Sujeto 4)**

El sujeto 4, es de gran interés en la última evaluación debido a su gran rendimiento durante cada uno de los incisos presentados en semana seis. Cabe mencionar, que fue la única persona en desarrollar todos los ejercicios en un tiempo de diecisiete minutos. Además, de presentar menores estados de distracción y gestos durante su sesión que a diferencia de semanas anteriores. Y, se puede considerar juicio de valor, el participante indicó previamente que su estado anímico era feliz.

Por otro lado, como se visualiza a través de la FFT, se identifica un seguimiento continuo entre sus ondas cerebrales, estableciendo un estado de concentración adecuado, reflejado por sus amplitudes a través del tiempo. Y, su mapa cerebral, demuestra utilización de su lóbulo frontal de manera parcial, así como una leve activación de sus lóbulos temporales y occipitales.

#### 5.4.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO SEMANA SEIS



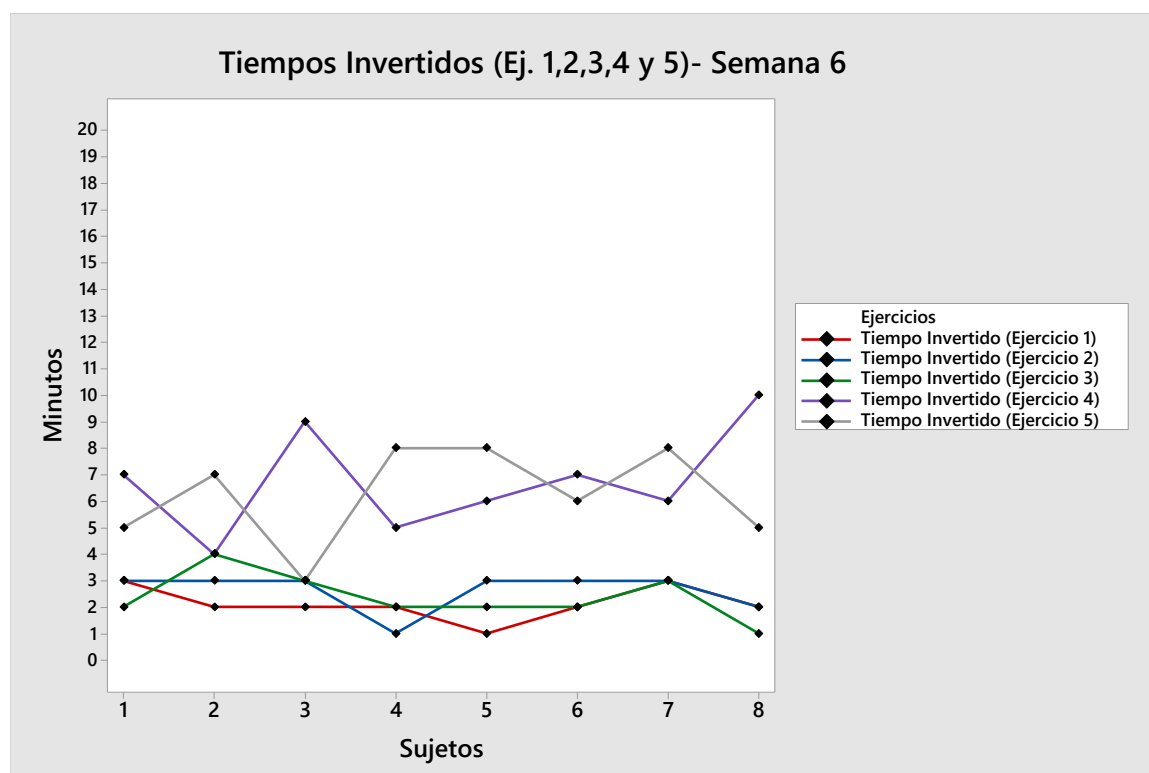
**Ilustración 53.- Estados de ánimo Fase III**

En cuanto a los estados anímicos de semana cuatro, estos reflejaban mayor parte de estados de *estrés*, *fatiga* y *felicidad*. A diferencia de los resultados en semana seis, varían significativamente, ya que, en el presente gráfico se encuentra una dispersión de los estados de ánimo que van desde *estrés*, *cansancio* y *felicidad*. Desglosando más a detalle, los sujetos 4 y 7 expresaron estados de felicidad con un porcentaje del 25%, siendo estos mencionados anteriormente, los que obtuvieron mejores tiempos en cuanto a las evaluaciones de dicha semana. Por otro lado, los sujetos 1 y 6 expresaron "estrés" debido a las prontas fechas de exámenes en semana cinco y sus obligaciones académicas. En contraste, los sujetos 2 y 8, establecieron situaciones de *estrés*, debido al trabajo y preocupaciones académicas y en este caso, exámenes parciales. Y, por último, los sujetos 3 y 5 presentaron estados de *fatiga* y *ansiedad* debido a la carga académica que se aproximaba.

**Tabla 15.- Análisis Estadístico Por Ejercicios (Semana 6)**

Variable	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Median	Maximum
Tiempo Invertido (Ejercicio 1)	2.125	0.227	0.641	0.411	30.16	1.000	2.000	3.000
Tiempo Invertido (Ejercicio 2)	2.625	0.263	0.744	0.554	28.34	1.000	3.000	3.000
Tiempo Invertido (Ejercicio 3)	2.375	0.324	0.916	0.839	38.57	1.000	2.000	4.000
Tiempo Invertido (Ejercicio 4)	6.750	0.701	1.982	3.929	29.36	4.000	6.500	10.000
Tiempo Invertido (Ejercicio 5)	6.250	0.648	1.832	3.357	29.32	3.000	6.500	8.000

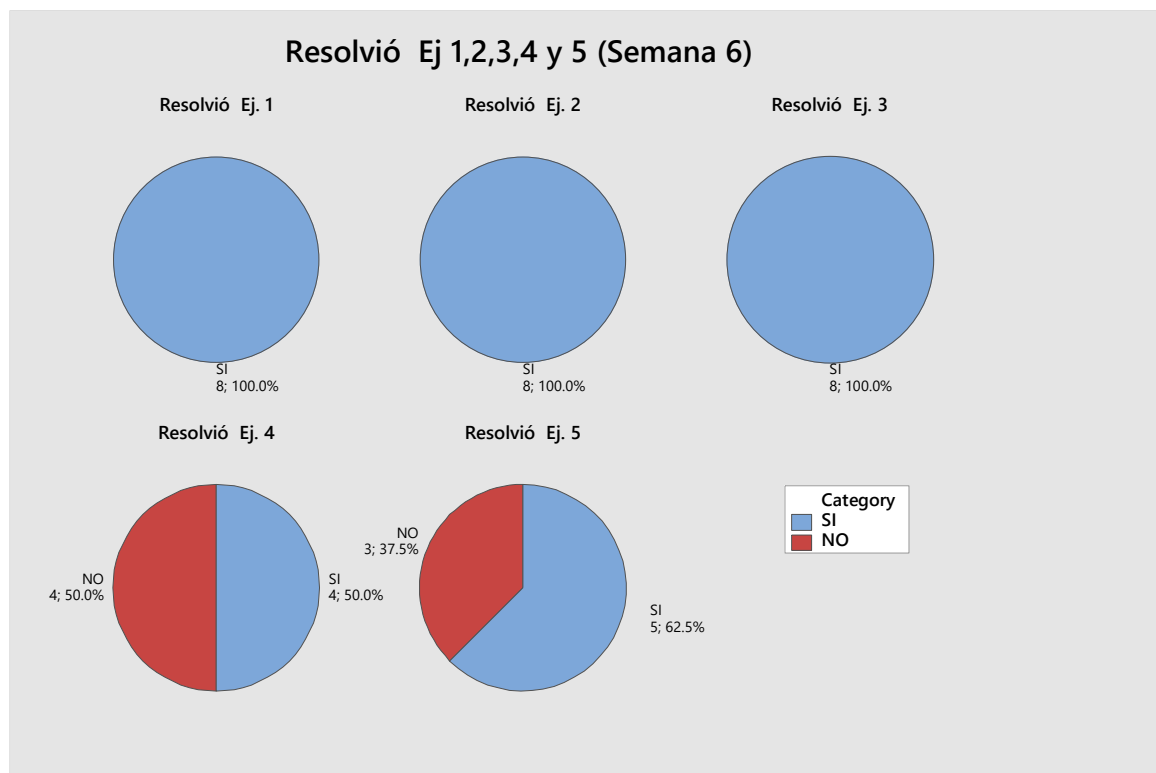
La tabla presentada expresa de forma estadística los parámetros utilizados de referencia para evaluar a cada uno de los participantes por la intervención de cada uno de sus ejercicios en promedio. Dónde, a través de los ejercicios uno, dos y tres, se observan tiempos óptimos en cuanto a su realización. Caso contrario se encuentra reflejado las intervenciones por los incisos cuatro y cinco, los cuales reflejan niveles intermedios para mantener una congruencia robusta en su desarrollo. A continuación, a través de la (Ilustración 54) se brindan más detalles.



**Ilustración 54.- Inversión de tiempo por ejercicio**

Como se mencionó anteriormente, la dificultad de los ejercicios propuestos fue reconsiderado, así como la cantidad de estos para su realización. Por otro lado, se especifica que los ejercicios uno, dos y tres fueron ejercicios teóricos para corroborar conocimientos obtenidos previamente en las jornadas de física I y evaluar el entendimiento de los participantes.

Desglosando, se recalca que todos los participantes fueron capaces de resolver los primeros tres incisos, teniendo significativamente variaciones de respuesta entre uno y cuatro minutos. Por consiguiente, los sujetos 1,3,6 y 8, mantienen intervalos de pensamiento prolongados desde siete a diez minutos debido a la dificultad del enunciado número cuatro. En contraste, los sujetos 2, 4, 5 y 7 tienen mayores dificultades al realizar el enunciado número cinco, donde sus tiempos varían entre siete y ocho minutos. A continuación, se detalla cada ejercicio (Tabla 1)



**Ilustración 55.- Resolución de ejercicios (Semana 6)**

En la presente ilustración, se hace énfasis acerca del desenvolvimiento evaluativo por parte de cada uno de los estudiantes en semana 6. En primera instancia, se ve reflejado la facilidad que tienen los alumnos para resolver los ejercicios 1, 2 y 3. Sin embargo a medida que la dificultad aumenta en los ejercicios cuatro y cinco, se plantean incisos de grado analítico intermedio relacionados al temario de movimiento angular, para mantener tiempos, resolución cognitiva robusta y constante, esto para no sesgar los resultados por cada uno de los sujetos.

Cabe mencionar, que el sujeto 1, 3 y 5 fueron los únicos en realizar cuatro ejercicios de los cinco planteados en la evaluación de semana 6, específicamente los ejercicios (1,2,3 y 4). En contraste, los sujetos 2, 5 y 7, fueron capaces de resolver cuatro de los cinco ejercicios, únicamente con la diferencia (1,2,3 y 4). No obstante, dos casos particulares fueron los sujetos 4 y 6, al resolver todos los ejercicios en tiempos prometedores.

## 5.5 EXPRESIONES FACIALES Y GESTOS NO VERBALES

En el presente apartado, se detalla la recopilación de las expresiones faciales y gestos no verbales de los participantes a lo largo de las distintas fases de mediciones y sus interpretaciones mediante las ilustraciones (56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 y 63).

Haciendo recordatorio de secciones previas, cada estado de ánimo está asociado a las expresiones faciales y gestos no verbales, por lo tanto, dentro de la investigación se presentan y adjuntan la recopilación como validez respecto al comportamiento de los participantes y la percepción anímica de acorde al estado que reflejaban durante sus mediciones. En primera instancia, se presentan los diversos escenarios ante cargas cognitivas, procesamiento de información y estados de pensamiento profundo de manera implícita desde *semana 2, 4 y 6* respectivamente, reflejado a través de manera observacional mediante grabaciones de los participantes. Según Van Amelsvoort et al., (2009) establece la importancia de comprender y detectar el estado emocional de los niños mientras realizan tareas escolares. Esto es crucial para adaptar las actividades de aprendizaje a las necesidades individuales de los estudiantes de física I. Además, los autores expresaron que los resultados mostraron que los niños exhibían más expresiones faciales al resolver problemas difíciles en comparación con los problemas fáciles.

Donde, todos los participantes mostraron gestos y expresiones faciales a medida que el grado de dificultad incrementaba y existían en algunas ocasiones "*lagunas*" temporales por pensamiento analítico. Entre las expresiones faciales recopiladas con base en cada una de las jornadas, se encuentran cejas fruncidas, miradas de perplejidad, ojos entrecerrados, boca fruncida y exhalación profunda. Ahora bien, en cuanto a gestos corporales, se encuentran las manos juntas en el regazo, dedos índice y pulgar tocándose, movimientos repetitivos con el lápiz, toque de barbilla, suspiros, golpes leves a la mesa, movimientos repetitivos con las manos, movimientos inquietos etc.

Elia & Evangelou, (2014). Respalda las afirmaciones anteriores, debido a su investigación. Las cuales plantearon el papel de los gestos en el aprendizaje de conceptos espaciales en un aula de matemáticas de kindergarten. Centrándose, en el comportamiento verbal y no verbal de niños que produjeron una gran cantidad de gestos durante las instrucciones. Por ende, los resultados del estudio mostraron que los niños utilizaron gestos durante toda la instrucción y que produjo diferentes tipos de gestos en diferentes contextos

espaciales. En particular, se encontró que los niños utilizaban gestos deícticos para referirse a objetos existentes o virtuales al abordar conceptos como 'dentro' y 'fuera', 'encima' y 'debajo', 'arriba' y 'abajo'.

---



**Ilustración 56.- (A)**



**Ilustración 57.- (B)**



**Ilustración 58.- (C)**



**Ilustración 59.- (D)**



**Ilustración 60.- (E)**



**Ilustración 61.- (F)**



**Ilustración 62.- (G)**



**Ilustración 63.- (H)**

Fuente: Elaboración propia

Durante las evaluaciones, los estudiantes experimentaron diferentes estados cognitivos y de concentración. Algunos estaban concentrados y enfocados en el análisis (A), mientras que otros se sentían dudosos y tenían dificultades para comprender los ejercicios (B). También hubo casos en los que la concentración fue nula y hubo una falta de comprensión evaluativa (C). Algunos estudiantes fruncieron el ceño cuando encontraron dificultades en los incisos (D), mientras que otros recurrieron a la revisión de material de apoyo para las evaluaciones (E). Además, algunos estudiantes estaban en un estado pensativo y concentrado durante su proceso cognitivo (F), mientras que otros revisaron el material de apoyo y adoptaron una posición erguida durante las evaluaciones (G). También fue posible que algunos estudiantes mostraran arrugas en la frente e hicieron gestos con las manos cuando estaban pensando y enfrentando dificultades (H).

## VI DISCUSIÓN

Este estudio exploró la relación entre la complejidad, los estados de concentración y las emociones en estudiantes de Física I utilizando el comportamiento de las ondas cerebrales como medida objetiva. A continuación, se discuten los principales hallazgos y sus implicaciones para los campos de la educación y estados anímicos.

Primero, los resultados mostraron una correlación significativa entre la complejidad de las asignaciones de Física I y los patrones de ondas cerebrales. Se ha observado que a medida que aumenta la complejidad de la tarea, hay una mayor activación de las ondas cerebrales gamma, que están asociadas con el procesamiento cognitivo avanzado y la resolución de problemas complejos. Estos hallazgos respaldan la idea de que a medida que las tareas se vuelven más complejas, el cerebro de los estudiantes enfrenta mayores demandas cognitivas durante sus desenvolvimientos.

En segundo lugar, se encontró una relación significativa entre los estados de concentración y los patrones de ondas cerebrales. Una mayor atención y tiempo de concentración se asocian con aumentos en las ondas cerebrales alfa, que se producen durante los estados de relajación y ensoñación. Estos hallazgos sugieren que la mayoría de los estudiantes experimentan momentos de concentración óptima durante las evaluaciones de Física I, lo que puede ser un indicador de un mejor desempeño y una mejor comprensión conceptual.

Además, se ha observado una relación entre los estados emocionales y los patrones de ondas cerebrales. Las emociones positivas, como la motivación y el interés, se asocian con una mayor activación de las ondas cerebrales beta, que se asocian con la actividad cognitiva y emocional. Las emociones negativas, como la ansiedad, por otro lado, muestran más ondas cerebrales delta, que a menudo se asocian con el sueño profundo y la relajación extrema. Estos resultados sugieren que los estados emocionales pueden influir en el procesamiento cognitivo de los estudiantes y, por tanto, en su desempeño en las jornadas académicas de Física.

Es importante enfatizar que estos hallazgos brindan información valiosa para diseñar estrategias educativas más efectivas. Al comprender la relación entre la complejidad de las tareas y los patrones de ondas cerebrales, los educadores pueden ajustar el nivel de dificultad de las actividades para optimizar la participación y el rendimiento de los estudiantes y así ajustar la percepción de las técnicas de estudio más efectivas dentro del

salón de clases. Así mismo, identificar momentos de concentración óptima y comprender cómo las emociones influyen en el procesamiento cognitivo puede ayudar a desarrollar intervenciones para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Es decir, al identificar los momentos en los que los estudiantes experimentan una concentración óptima, se pueden programar las sesiones de estudio durante esos períodos para aprovechar al máximo su capacidad de retener información. Esto puede lograrse mediante la observación de patrones individuales, el seguimiento de registros diarios o semanales para establecer momentos de mayor alerta y energía, la experimentación con horarios de estudio para determinar los momentos más efectivos y el uso de técnicas de preparación.

Ahora bien, contrastando el comportamiento de las ondas cerebrales, es importante considerar las expresiones faciales y la postura corporal como indicadores del estado mental del alumno. Estas manifestaciones no verbales pueden proporcionar información adicional sobre su nivel de participación, interés y comprensión durante la resolución de problemas de física.

Al observar a los estudiantes que participaban en este estudio, se notó que los estudiantes que mostraban expresiones faciales concentradas, como ceños fruncidos, mirada concentrada y posturas pensativas, estaban más involucrados en la tarea y mostraban niveles más altos de compromiso cognitivo. Por otro lado, aquellos que muestran expresiones faciales de aburrimiento, malestar o confusión pueden indicar menor interés o dificultad para comprender las preguntas que se les hacen. En relación con las expresiones corporales, se evidenció que los estudiantes con mayor compromiso y motivación exhibían posturas erguidas, movimientos activos de las manos y gestos que denotaban una reflexión profunda. Estos comportamientos físicos podrían reflejar una mayor implicación tanto física como mental en el proceso de resolución de problemas.

No obstante, es crucial considerar que las expresiones faciales y los gestos corporales son manifestaciones subjetivas y pueden variar según la personalidad y el estilo de aprendizaje de cada individuo. Por ello, su evaluación en conjunto con mediciones objetivas de las ondas cerebrales podría brindar una comprensión más detallada de los estados mentales de los estudiantes durante el estudio de la física.

Concatenando lo anterior, es importante aclarar ciertas intervenciones del presente estudio. Pueden existir incertidumbres en cuanto a la percepción de la dificultad de los estudiantes y su carga cognitiva reflejado ante los estados de concentración. Cabe aclarar, que esto puede ser validado a través de los estados de distracción involuntaria, revisión constante de material de apoyo y estados de ánimo. Así mismo, se aclara que los cambios en situaciones de concentración optima, podrían ajustarse con aquellos participantes de menor interacción, mediante una retroalimentación proporcionada a través de sus técnicas de estudio y factores anímicos.

En contraste, existe una diversidad de percepciones en cuanto a las competencias establecidas de los niveles de complejidad y tiempos. Esto con la finalidad de evaluar el rendimiento académico de los participantes y demostrar las metodologías pedagógicas más eficientes dentro del salón de clase en conjunto con las selecciones de ejercicios de niveles básicos e intermedios con derivaciones, cada uno presentado por incisos para mantener un equilibrio entre ambos factores y crear estados de razonamiento robustos.

Por otro lado, la investigación propuesta rompe las limitaciones mencionadas en el capítulo II. De las cuales se enfatizan la variación considerable en cuanto a los tiempos y longitud de los ejercicios. Esto sustentado, mediante discusiones con el coordinador de ciencias y matemáticas para determinar el mejor tipo de material evaluativo durante las jornadas. Así mismo, se rompe la limitación de consultar de manera semanal la percepción de los estados de concentración y niveles de dificultad a los participantes para conocer apropiadamente su desenvolvimiento cognitivo. Por consiguiente, se recalca la limitación de no establecer las técnicas de estudio como objetivo principal, sino los estados de concentración y sus variaciones en cuanto a las técnicas de preparación como variable subjetiva.

En contraste, una de las limitaciones presentadas anteriormente, radica en el estado somnoliento de los participantes, por ende, se seleccionó una jornada por la mañana para mantener un estado despierto de los participantes y evitar sesgos durante las mediciones. Y, por último, se presenta la limitante de la carencia del registro de variables en ciertas instituciones por abandono o reprobación, abordando como solución el estudio mediante una pequeña muestra de las facultades de ingeniería en UNITEC.

A pesar de los resultados, no se debe olvidar que el presente estudio necesita mayor énfasis en cuanto al seguimiento para poder determinar las estrategias enseñanza-aprendizaje que podrían desarrollar los estudiantes como mejores competencias en los cursos de física y posteriormente llevarlos a otros tipos de aplicaciones pedagógicas.

Respecto a la implementación de este estudio a nivel nacional, se recomienda que estudios similares se realicen en otras materias del currículo educativo. La relación entre atención, emoción y complejidad del contenido no se limita a la física, sino que puede extenderse a otras áreas del conocimiento. Así mismo, realizar estudios similares en los campos de las matemáticas, la química o la biología para comprender cómo estas variables afectan el aprendizaje y la comprensión de conceptos en estas disciplinas.

Además, diseñar e implementar estrategias de aprendizaje específicas en función de los resultados de este estudio. Además, de establecer actividades y recursos educativos para promover la concentración y generar emociones positivas en los estudiantes de manera individual o grupal. Así mismo, sería beneficioso desarrollar programas de capacitación para profesores y educadores, con el fin de brindarles herramientas y conocimientos sobre cómo fomentar un ambiente de aprendizaje óptimo que promueva la concentración y el bienestar emocional de los estudiantes. Estos programas podrían incluir estrategias para reducir la ansiedad matemática y fomentar una actitud positiva hacia el aprendizaje de la física.

## VII CONCLUSIONES

1. Se determinó una relación directa entre los niveles de complejidad de los problemas abordados en el curso de Física I y los estados de concentración de los estudiantes. A medida que aumentaba la complejidad de los problemas, se evidenciaba una mayor activación de las ondas cerebrales asociadas a la atención y el procesamiento cognitivo. Esto sugiere que la dificultad de los problemas desempeña un papel crucial en la capacidad de concentración de los estudiantes. Sin embargo, no se puede concluir que, a mayor complejidad, existe un aumento de concentración.
2. Se logró determinar de manera efectiva los estados de concentración de los estudiantes de física I al resolver problemas de diferentes niveles de complejidad. A través del análisis de las ondas cerebrales, se observaron patrones característicos que indicaron los niveles de concentración de los estudiantes durante la resolución de los problemas. Esto proporciona una comprensión más profunda de la capacidad de atención y enfoque de los estudiantes en relación con la complejidad de los problemas.
3. Se estableció una relación clara entre los niveles de complejidad de los problemas, los niveles de concentración y los cambios en los estados de ánimo de los estudiantes de Física I. Inicialmente, la hipótesis principal sugería que, a mayor complejidad, los estudiantes mantendrían un nivel más alto de concentración. Sin embargo, tras el análisis exhaustivo de los datos recopilados para este estudio, se descubrió que, en realidad, a medida que la complejidad de los problemas aumentaba, la interacción cognitiva de las ondas cerebrales beta disminuía. Además, se observaron cambios significativos en los estados emocionales de los estudiantes, con un aumento notable en la frustración y la ansiedad conforme los problemas se volvían más difíciles. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar tanto la complejidad de los problemas como los estados emocionales de los estudiantes al diseñar estrategias de enseñanza y apoyo.
4. Se observaron diferencias significativas en el comportamiento de las ondas cerebrales de los estudiantes de física I al resolver problemas de diferentes niveles de complejidad. Las ondas cerebrales mostraron patrones distintos en términos de amplitud, frecuencia y sincronización en función de la complejidad de los problemas. Esto indica que el procesamiento cognitivo y la actividad cerebral varían según la dificultad de los problemas, lo cual puede tener implicaciones en la forma en que se

diseñan y presentan los problemas a los estudiantes para optimizar su rendimiento y categorizar sus estados como niveles bajos, intermedios y/o altos de enfoque.

5. Se observó que los factores externos, como el entorno de estudio y la duración de la sesión de resolución de problemas, ejercen una influencia significativa en la variabilidad de los patrones de ondas cerebrales de los estudiantes de física I. Se encontró que un entorno tranquilo y libre de distracciones favorecía una mayor coherencia y estabilidad en las ondas cerebrales, lo cual está asociado con una mejor concentración y rendimiento. Además, se observó que sesiones de resolución de problemas más prolongadas resultaron en un deterioro gradual de la concentración y una mayor fatiga mental. Estos resultados resaltan la importancia de brindar un entorno propicio para el estudio y la planificación adecuada de las sesiones de trabajo para optimizar el rendimiento cognitivo de los estudiantes.

## VIII RECOMENDACIONES

En primer lugar, se recomienda ampliar la muestra de estudiantes que participan en el estudio. Esto permitiría obtener resultados más representativos y generalizables a la población estudiantil de Física I. Además, se podría considerar la inclusión de ejercicios con distintos niveles de dificultad académica, lo que podría proporcionar una perspectiva más completa sobre la relación entre los niveles de complejidad, la atención y la emoción.

Sería beneficioso utilizar métodos de recopilación de datos más precisos y rigurosos. Con el propósito de utilizar técnicas complementarias como cuestionarios o entrevistas para obtener información adicional sobre el nivel de complejidad, el estado de atención y el estado de ánimo de un estudiante. Esto mediante el análisis complementario de las ondas cerebrales durante las distintas semanas y momentos específicos de concentración. Esto ayudará a obtener una visión más completa y multidimensional de los factores en estudio.

Además, se puede considerar la implementación de un diseño experimental controlado. Esto implicaría asignar aleatoriamente a los participantes a diferentes condiciones o grupos de estudio para establecer relaciones causales más sólidas entre las variables de interés. Por otro lado, estudiar cómo diferentes estímulos o actividades afectan los niveles de complejidad, estados de atención y emociones de los estudiantes. importante sería realizar un seguimiento longitudinal de los participantes. Esto permitiría observar cómo evolucionan los niveles de complejidad, estados de concentración y estados de ánimo a lo largo del tiempo, y si existen patrones o tendencias que se mantienen constantes o cambian. Además, se podrían identificar posibles factores de influencia externos que podrían afectar los resultados, como cambios en el currículo académico o eventos estresantes en la vida de los estudiantes.

Por último, extrapolando la presente investigación a un entorno macro, sería enfatizar sobre los niveles de atención de los estudiantes de Física I, es crucial comparar el estado atencional en la mañana y en la tarde. Para ello se recomienda un diseño de investigación que permita recoger datos comparativos entre dos periodos del día. Es importante considerar que los ritmos académicos y los patrones de sueño-vigilia que influirían en el estado de atención de un individuo. Por lo tanto, se recomienda incluir una muestra representativa de estudiantes que asisten a clases matutinas y nocturnas.

## IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García-Bullé, S. (2019, junio 28). *¿Qué es la 'ansiedad matemática' y cómo se coló en las aulas?* Observatorio / Instituto para el Futuro de la Educación. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/ansiedad-matematica/>
2. ASALE, R.-, & RAE. (s. f.). *Discalculia | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 28 de enero de 2024, de <https://dle.rae.es/discalculia>
3. Ondas Cerebrales ▷ Tipos de Ondas, Desequilibrios y Tratamientos. (s. f.). *Neuroscenter*. Recuperado 28 de enero de 2024, de <https://neuroscenter.com/neurofeedback/ondas-cerebrales/>
4. Olney, N. T., Spina, S., & Miller, B. L. (2017). Frontotemporal Dementia. *Neurologic Clinics*, 35(2), 339-374. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2017.01.008>
5. tecnisor. (2023, enero 18). *Qué son las ondas cerebrales Alfa | Tecnisor*. <https://www.tecnisor.es/blog/ondas-cerebrales-alfa/>, <https://www.tecnisor.es/blog/ondas-cerebrales-alfa/>
6. Aloharmony. (2023a, junio 5). Ondas cerebrales Beta: Qué son y para qué sirven. *Aloharmony*. <https://aloharmony.com/blog/ondas-cerebrales-beta-para-que-sirven/>
7. Aloharmony. (2023b, agosto 22). Ondas Delta: ¿qué son y para qué sirven? *Aloharmony*. <https://aloharmony.com/blog/ondas-cerebrales-delta-para-que-sirven/>
8. Ondas Cerebrales ▷ Tipos de Ondas, Desequilibrios y Tratamientos. (s. f.). *Neuroscenter*. Recuperado 28 de enero de 2024, de <https://neuroscenter.com/neurofeedback/ondas-cerebrales/>
9. *Potenciales evocados cognitivos de atención y memoria | Instituto Neurocognitivo Incia*. (s. f.). Recuperado 5 de febrero de 2024, de <https://institutoincia.es/nuestras-areas/neurofisiologia/potenciales-evocados-cognitivos-de-atencion-y-memoria-p300/>
10. Aguilar, C. V. C., & Uc, S. G. K. (2020). *Causales de los índices de deserción, reprobación y rezago en el programa educativo de ingeniería civil*. 5(10).
11. Grundy, J. G., Barker, R. M., Anderson, J. A. E., & Shedden, J. M. (2019). The relation between brain signal complexity and task difficulty on an executive function task. *NeuroImage*, 198, 104-113. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.045>
12. Ramírez-Moreno, M. A., Díaz-Padilla, M., Valenzuela-Gómez, K. D., Vargas-Martínez, A., Tudón-Martínez, J. C., Morales-Menendez, R., Ramírez-Mendoza, R. A., Pérez-Henríquez, B. L., & Lozoya-Santos, J. de J. (2021). EEG-Based Tool for Prediction of University Students' Cognitive Performance in the Classroom. *Brain Sciences*, 11(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/brainsci11060698>

13. Van Amelsvoort, M., Krahmer, E., & Krahmer, E. J. (2009). *Appraisal of Children's Facial Expressions while Performing Mathematics Problems*.
14. Elia, I., & Evangelou, K. (2014). Gesture in a kindergarten mathematics classroom. *European Early Childhood Education Research Journal*, 22(1), 45-66. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2013.865357>
15. Copello, M. (2017). EEG Study of Simple Problem Solving. *Psychology Honors Theses*. <https://doi.org/10.57709/12242940>
16. Hendriana, H., Johanto, T., & Sumarmo, U. (2020). The Role of Problem-Based Learning to Improve Students' Mathematical Problem-Solving Ability and Self Confidence. *Journal on Mathematics Education*, 9(2), 291-300.
17. Molina del Río, J., Guevara, M. A., Hernández González, M., Hidalgo Aguirre, R. M., & Cruz Aguilar, M. A. (2019). EEG correlation during the solving of simple and complex logical-mathematical problems. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 19(4), 1036-1046. <https://doi.org/10.3758/s13415-019-00703-5>
18. Grundy, J. G., Barker, R. M., Anderson, J. A. E., & Shedden, J. M. (2019). The relation between brain signal complexity and task difficulty on an executive function task. *NeuroImage*, 198, 104-113. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.045>
19. Soltanlou, M., Artemenko, C., Dresler, T., Fallgatter, A. J., Nuerk, H.-C., & Ehlis, A.-C. (2019). Oscillatory EEG Changes During Arithmetic Learning in Children. *Developmental Neuropsychology*, 44(3), 325-338. <https://doi.org/10.1080/87565641.2019.1586906>
20. Daly, I., Bourgaize, J., & Vernitski, A. (2019). Mathematical mindsets increase student motivation: Evidence from the EEG. *Trends in Neuroscience and Education*, 15, 18-28. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.02.005>
21. Delima, N., Rahmah, M. A., & Noto, M. S. (2019). Students' mathematical thinking and their learning style. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(4), 042046. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/4/042046>
22. Soltanlou, M., Artemenko, C., Dresler, T., Fallgatter, A. J., Nuerk, H.-C., & Ehlis, A.-C. (2019). Oscillatory EEG Changes During Arithmetic Learning in Children. *Developmental Neuropsychology*, 44(3), 325-338. <https://doi.org/10.1080/87565641.2019.1586906>
23. Rokhima, W. A., Kusmayadi, T. A., & Fitriana, L. (2019). Mathematical problem solving based on Kolb's learning style. *Journal of Physics: Conference Series*, 1306(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1306/1/012026>
24. Zaeni, I. A. E., Pujiyanto, U., Taufani, A. R., Jiono, M., & Muhammad, P. S. T. (2019). Concentration Level Detection Using EEG Signal on Reading Practice Application. *2019 International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE)*, 6, 354-357. <https://doi.org/10.1109/ICEEIE47180.2019.8981453>

25. Prahmana, R. C. I., Sutanti, T., Wibawa, A. P., & Diponegoro, A. M. (2019). MATHEMATICAL ANXIETY AMONG ENGINEERING STUDENTS. *Infinity Journal*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.22460/infinity.v8i2.p179-188>
26. Arbel, Y. (2020). The effect of task difficulty on feedback processing in children. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 153, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.04.014>
27. Nassehi, F., Özdemir, M., & Eroğul, O. (2020). Investigating EEG Based Marker for Diagnosis of Mathematical Difficulties. *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/SIU49456.2020.9302409>
28. Purwanto, W. R., Waluya, S. B., Rochmad, & Wardono. (2020). Analysis of mathematical critical thinking ability in student learning style. *Journal of Physics: Conference Series*, 1511(1), 012057. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012057>
29. Lawson, D., Grove, M., & Croft, T. (2020). The evolution of mathematics support: A literature review. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(8), 1224-1254. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1662120>
30. Salillas, E., Piccione, F., di Tomasso, S., Zago, S., Arcara, G., & Semenza, C. (2021). Neurofunctional Components of Simple Calculation: A Magnetoencephalography Study. *Cerebral Cortex*, 31(2), 1149-1162. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa283>
31. Vogel, S. E., & De Smedt, B. (2021). Developmental brain dynamics of numerical and arithmetic abilities. *NPJ Science of Learning*, 6(1), 22. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00099-3>
32. Ramírez-Moreno, M. A., Díaz-Padilla, M., Valenzuela-Gómez, K. D., Vargas-Martínez, A., Tudón-Martínez, J. C., Morales-Menendez, R., Ramírez-Mendoza, R. A., Pérez-Henríquez, B. L., & Lozoya-Santos, J. de J. (2021). EEG-Based Tool for Prediction of University Students' Cognitive Performance in the Classroom. *Brain Sciences*, 11(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/brainsci11060698>
33. You, S. D. (2021). Classification of Relaxation and Concentration Mental States with EEG. *Information*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/info12050187>
34. Astalini, A., Darmaji, D., Kurniawan, D. A., & Wulandari, M. (2021). Male or Female, who is better? Students' Perceptions of Mathematics Physics E-Module Based on Gender. *Indonesian Journal on Learning and Advanced Education (IJOLAE)*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.23917/ijolae.v3i3.14830>
35. Murphy-Graham, E., Pacheco Montoya, D., Cohen, A. K., & Valencia Lopez, E. (2021). Examining school dropout among rural youth in Honduras: Evidence from a mixed-methods longitudinal study. *International Journal of Educational Development*, 82, 102329. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102329>

36. Tayebi, A., Gómez, J., & Delgado, C. (2021). Analysis on the Lack of Motivation and Dropout in Engineering Students in Spain. *IEEE Access*, 9, 66253-66265. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3076751>
37. Chowdhuri, S., & MAL, D. (2022). Concentration level detection for left/right brain dominance using electroencephalogram signal. *Revista Română de Informatică și Automatică*, 32, 109-118. <https://doi.org/10.33436/v32i3y202209>
38. Luo, X., Wang, F., & Luo, Z. (2023). Investigation and analysis of mathematics anxiety in middle school students. *Journal of mathematics Education*, 12-19.
39. Zapata, Á. E. T., Acuña-Lara, J. P., & Ceballos, J. E. M. (2019). ÍNDICE DE REPROBACIÓN EN UNIVERSITARIOS. UNA APROXIMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(2), Article 2.
40. Soto, A. F. M., & Cervantes, C. E. (2023). El contenido matemático como factor de elección de fase de especialización de bachillerato y carrera universitaria en los alumnos de la Preparatoria Antonio Rosales de la Universidad Autónoma de Sinaloa: Mathematical content as a factor for choosing the specialization phase of high school and university career in the students of Preparatoria Antonio Rosales de la Universidad Autónoma de Sinaloa. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.583>
41. Szabo, Z. K., Körtesi, P., Guncaga, J., Szabo, D., & Neag, R. (2020). Examples of Problem-Solving Strategies in Mathematics Education Supporting the Sustainability of 21st-Century Skills. *Sustainability*, 12(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/su122310113>
42. Ramírez-Moreno, M. A., Díaz-Padilla, M., Valenzuela-Gómez, K. D., Vargas-Martínez, A., Tudón-Martínez, J. C., Morales-Menendez, R., Ramírez-Mendoza, R. A., Pérez-Henríquez, B. L., & Lozoya-Santos, J. de J. (2021). EEG-Based Tool for Prediction of University Students' Cognitive Performance in the Classroom. *Brain Sciences*, 11(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/brainsci11060698>
43. Molina del Río, J., Guevara, M. A., Hernández González, M., Hidalgo Aguirre, R. M., & Cruz Aguilar, M. A. (2019). EEG correlation during the solving of simple and complex logical–mathematical problems. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 19(4), 1036-1046. <https://doi.org/10.3758/s13415-019-00703-5>
44. *OpenBCI – Open-source EEG – Open-Source Imaging*. (s. f.). Recuperado 29 de enero de 2024, de <https://www.opensourceimaging.org/project/openbci/>
45. *Señal-Sonido – Procesos Estocásticos*. (2018, enero 19). <http://blog.espol.edu.ec/estg1003/category/aplicaciones/senal-sonido/>
46. *La interfaz de usuario de Minitab*. (s. f.). [Mtbtopic]. Recuperado 29 de enero de 2024, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/minitab-environment/interface/interface-components/the-minitab-user-interface/>

47. *Setting up for EEG | OpenBCI Documentation*. (2023, octubre 27). <https://openbci.github.io/GettingStarted/Biosensing-Setups/EEGSetup/>
48. *Setting up for EEG | OpenBCI Documentation*. (2023, octubre 27). <https://openbci.github.io/GettingStarted/Biosensing-Setups/EEGSetup/>
49. *Setting up for EEG | OpenBCI Documentation*. (2023, octubre 27). <https://openbci.github.io/GettingStarted/Biosensing-Setups/EEGSetup/>
50. *Setting up for EEG | OpenBCI Documentation*. (2023, octubre 27). <https://openbci.github.io/GettingStarted/Biosensing-Setups/EEGSetup/>
51. *Setting up for EEG | OpenBCI Documentation*. (2023, octubre 27). <https://openbci.github.io/GettingStarted/Biosensing-Setups/EEGSetup/>
52. *Setting up for EEG | OpenBCI Documentation*. (2023, octubre 27). <https://openbci.github.io/GettingStarted/Biosensing-Setups/EEGSetup/>
53. Ayanoglu, E. (1997). Data transmission when the sampling frequency exceeds the Nyquist rate. *IEEE Communications Letters*, 1(6), 157-159. <https://doi.org/10.1109/4234.649925>
54. Sejdić, E., Djurović, I., & Stanković, Lj. (2011). Fractional Fourier transform as a signal processing tool: An overview of recent developments. *Signal Processing*, 91(6), 1351-1369. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2010.10.008>
55. Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2006). *Physics for scientists and engineers* (7th ed). Thomson Brooks/Cole.
56. Van Amelsvoort, M., Krahmer, E., & Krahmer, E. J. (2009). *Appraisal of Children's Facial Expressions while Performing Mathematics Problems*.
57. Elia, I., & Evangelou, K. (2014). Gesture in a kindergarten mathematics classroom. *European Early Childhood Education Research Journal*, 22(1), 45-66. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2013.865357>

## X ANEXOS



### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título del Estudio: [Relación entre los Niveles de Complejidad y los Estados de Concentración en Estudiantes de Física I: Un Estudio basado en el Comportamiento de Ondas Cerebrales]

Antes de decidir participar, es importante que comprenda los detalles del estudio y sus implicaciones. Por favor, tómese el tiempo necesario para revisar la siguiente información.

#### Objetivo del Estudio:

- El propósito de este estudio es determinar la relación entre los niveles de complejidad de los problemas de física y los estados de concentración de los estudiantes de física I, mediante el estudio del comportamiento de las ondas cerebrales.

#### Procedimientos:

Si decide participar, se le pedirá que

- Complete una encuesta de seguimiento antes de iniciar las evaluaciones en el laboratorio de biomédica.
- Conceda autorización y consentimiento de ser grabado durante las sesiones de evaluación en las instalaciones del laboratorio de biomédica.
- Conceda autorización de ser fotografiado (a) durante el proceso de evaluación en el laboratorio de biomédica.
- Ejecute el tipo de evaluación establecida para esta investigación en las instalaciones del laboratorio de biomédica (Aproximadamente 20 minutos).

#### Confidencialidad:

Toda la información recopilada será tratada de manera confidencial. Su nombre y cualquier información que pueda identificarle no se divulgarán en los informes o publicaciones resultantes del estudio. Los datos serán almacenados de forma segura y solo serán accesibles para los investigadores.

#### Beneficios Potenciales:

No hay garantías de beneficios directos para usted al participar en este estudio. Sin embargo, los resultados pueden contribuir al avance del conocimiento en:

- **Mejorar la comprensión de los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje de la física.** Este estudio podría proporcionar información sobre cómo los estudiantes procesan la información compleja en física y cómo esta información afecta su concentración.
- **Identificar factores que pueden afectar el aprendizaje de la física.** Este estudio podría identificar factores, como la edad, el género o el nivel de aptitud, que pueden afectar la capacidad de los estudiantes para aprender física compleja
- **Desarrollar herramientas para apoyar el aprendizaje de la física.** Los hallazgos de este estudio podrían utilizarse para desarrollar herramientas, como software o aplicaciones, que ayuden a los estudiantes a comprender y procesar la información compleja en física.

## Anexo 1.- Consentimiento informado de los participantes de Física I



**Riesgos:**

No existe ningún tipo de riesgo potencial asociado al estudio. Los investigadores están comprometidos a minimizar cualquier incomodidad o riesgo.

**Participación Voluntaria:**

Su participación es completamente voluntaria. Puede decidir no participar o retirarse en cualquier momento sin penalización ni perjuicio. Su decisión no afectará su relación con [UNITEC - S.P.S.]

**Contacto:**

Si tiene alguna pregunta o inquietud durante o después del estudio, puede comunicarse con [Diego José Núñez Irula +504 9523-8373].


**Consentimiento:**

Al firmar a continuación, confirmo que he leído y comprendido la información proporcionada en este documento y que he tenido la oportunidad de hacer preguntas. Acepto participar voluntariamente en el estudio "[ **Relación entre los Niveles de Complejidad, Estados de Concentración y Estados de ánimo en Estudiantes de Física I: Un Estudio basado en el Comportamiento de Ondas Cerebrales**]".

Nombre del Participante: Samantha Medina Rivera

Firma del Participante: 

Fecha: 24-01-2024

Firma del Investigador Principal: 

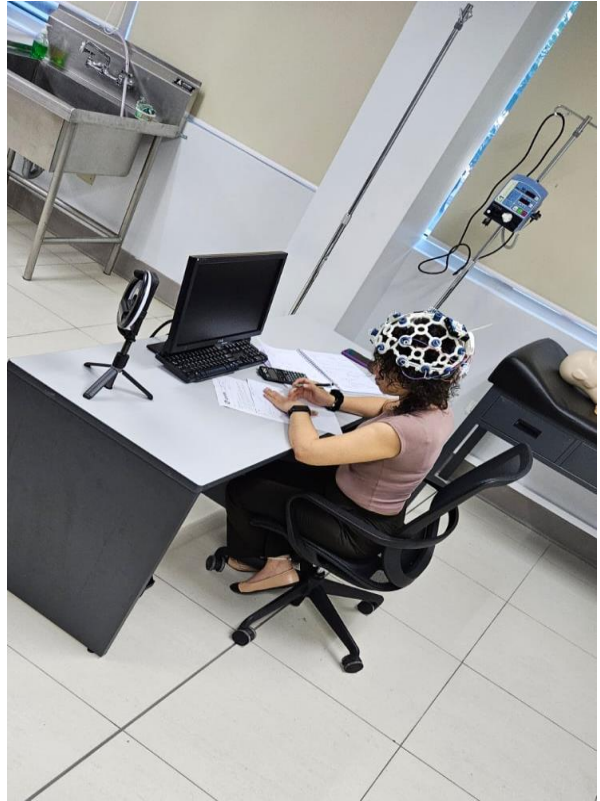
Fecha: 24-01-2024

**Anexo 2.- Consentimiento informado de los participantes de Física I**

## PARTICIPANTES



Anexo 3.- Sujeto 1



Anexo 4.- Sujeto 2



Anexo 5.- Sujeto 3



Anexo 6.- Sujeto 4



**Anexo 7.- Sujeto 5**



**Anexo 8.- Sujeto 6**



**Anexo 9.- Sujeto 7**



**Anexo 10.- Sujeto 8**

## NIVEL DE COMPLEJIDAD – SEMANA DOS

	<b>unitec</b> <sup>®</sup>	Área de Ciencias y Matemáticas Física I Trabajo en clase 1 Q1-2024
---	----------------------------	--

16/1/2024

Nombre: \_\_\_\_\_ No. Cuenta: \_\_\_\_\_

Catedrático: \_\_\_\_\_ Sección Clase: \_\_\_\_\_


**Tipo: Respuesta Breve**

**Instrucciones:** Responda dejando evidencia de sus procedimientos.

1. Para iniciar una avalancha en una pendiente de la montaña, un obús de artillería es disparado con una velocidad inicial de 300 m/s a  $55.0^\circ$  sobre la horizontal. Explota en la ladera 42.0s después de ser disparado. ¿Cuáles son las coordenadas  $x$  y  $y$  donde explota el obús, en relación con su punto de disparo?
2. Un pateador debe hacer un gol de campo desde un punto a 36.0 m de la zona de gol, y la mitad de los espectadores espera que la bola libre la barra transversal, que tiene 3.05 m de alto. Cuando se patea, la bola deja el suelo con una rapidez de 20.0 m/s en un ángulo de  $53.0^\circ$  de la horizontal.
  - a) ¿Por cuánto resulta insuficiente para librar la barra?
  - b) ¿La bola se aproxima a la barra transversal mientras aún se eleva o mientras va de caída?
3. Un bombardero en picada tiene una velocidad de 280 m/s a un ángulo  $\theta$  bajo la horizontal. Cuando la altitud de la aeronave es 2.15 km, libera una bomba, que golpea un objetivo en el suelo. La magnitud del desplazamiento desde el punto de liberación de la bomba al objetivo es 3.25 km. Encuentre el ángulo  $\theta$ .

### Anexo 11.- Evaluación en semana dos

## NIVEL DE COMPLEJIDAD – SEMANA CUATRO

	<b>unitec</b> <sup>®</sup>	Área de Ciencias y Matemáticas Física I Trabajo en clase 2 Q1-2024
---	----------------------------	--

16/1/2024

Nombre: \_\_\_\_\_ No. Cuenta: \_\_\_\_\_  
Catedrático: \_\_\_\_\_ Sección Clase: \_\_\_\_\_

### Tipo: Respuesta Breve

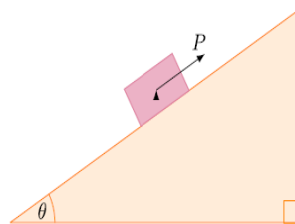
**Instrucciones:** Responda dejando evidencia de sus procedimientos.

1. Cindy visitó un columpio en el parque que solía jugar cuando estaba pequeña y se sube en el columpio que mide 5.5 m de largo y se empieza a columpiar alcanzando una velocidad máxima en la parte inferior. Debido al paso de los años y la falta de supervisión de un ingeniero en el parque este se ha oxidado y se rompe exactamente a cuando Cindy alcanzó los 6m/s.

Determinar cual fue la fuerza máxima que soportó el columpio.

2. Determinar cual es la fuerza mínima  $P$  que se debe aplicar al bloque para evitar que este se empiece a caer, si tiene una masa de 35 kg, y el coeficiente de fricción cinética y estática son  $\mu_k = 0.34$   $\mu_s = 0.51$ .

- a) Si la pendiente tiene una inclinación de  $30^\circ$ .
- b) Si la pendiente tiene una inclinación de  $50^\circ$ .



### Anexo 12.- Evaluación en semana cuatro

## NIVEL DE COMPLEJIDAD – SEMANA SEIS



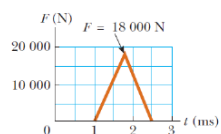
16/1/2024

Nombre: \_\_\_\_\_ No. Cuenta: \_\_\_\_\_  
Nombre: \_\_\_\_\_ No. Cuenta: \_\_\_\_\_  
Catedrático: \_\_\_\_\_ Sección Clase: \_\_\_\_\_

### Tipo: Respuesta Breve

**Instrucciones:** Desarrollar los siguientes ejercicios de manera individual, dejando evidencia de los procedimientos.

- Hacia donde se moverá un arco luego de lanzar una flecha:
  - En la misma dirección de la flecha
  - Depende de la masa de la flecha
  - En dirección opuesta a la flecha
  - No hay manera de saber.
- Considerando la conservación del momento lineal cual elemento tiene mas velocidad?
  - El Arco
  - La flecha
  - Tiene la misma velocidad
  - No hay manera de saber
- Dos objetos tienen iguales energías cinéticas. ¿De qué modo se comparan las magnitudes de sus cantidades de movimiento?
  - $p_2 < p_1$
  - $p_1 < p_2$
  - $p_2 = p_1$
  - No hay manera de saber.
- El siguiente gráfico muestra La fuerza sobre una pelota de beisbol

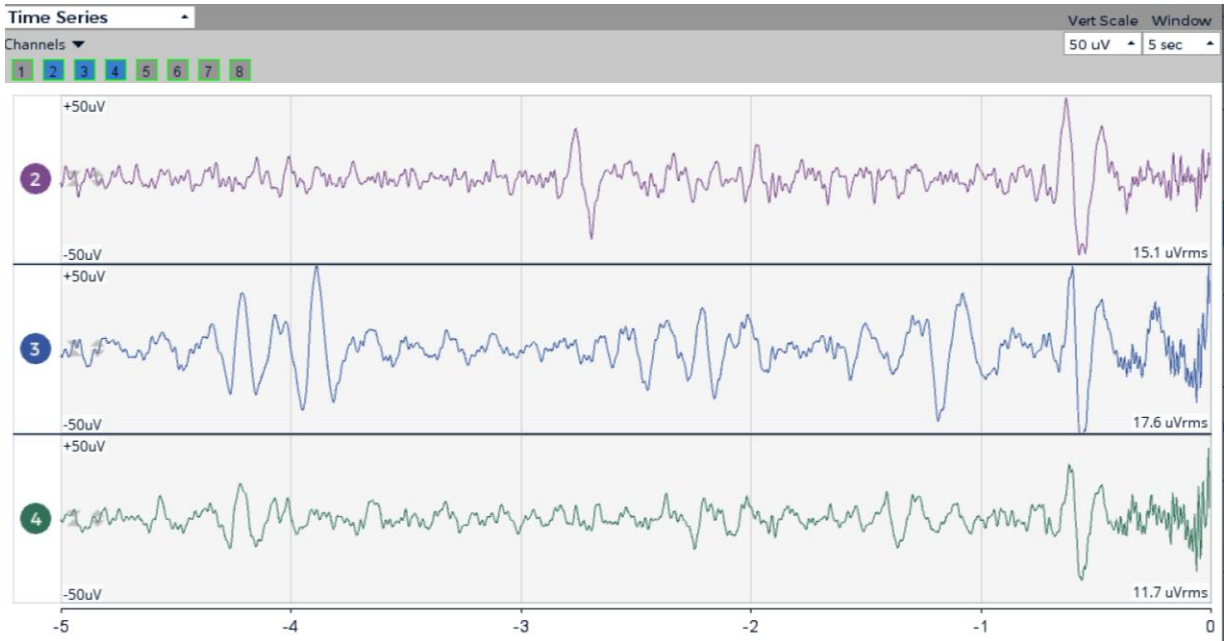


Determinar:

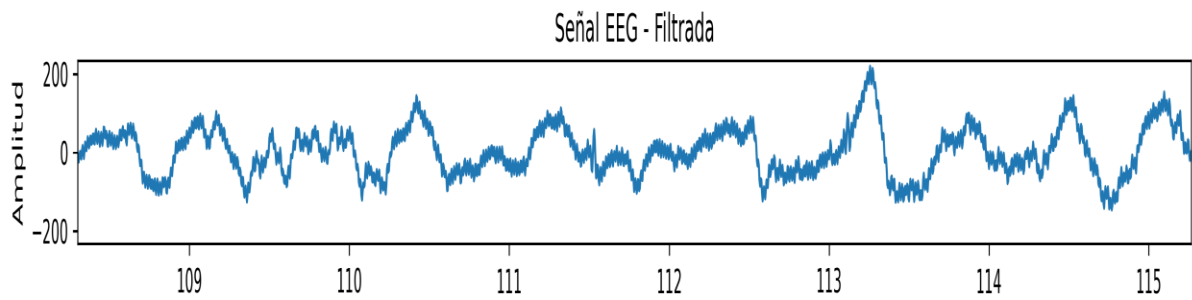
- El impulso impartido sobre la pelota.
  - La fuerza promedio sobre la pelota.
  - EL cambio de momento de la pelota.
- Dos deportistas pelean acerca de que duele más, un golpe la pelota de beisbol o un golpe de una pelota de futbol. Deciden considerar solamente el Momento Lineal (Se deberían considerar mas aspectos, pero solo estos consideraremos). Se tiene los siguientes datos: Pelota de beisbol:  $m_b = 142g$  Velocidad promedio:  $v_b = 160km/h$   
Pelota de futbol:  $m_f = 410g$  Velocidad promedio:  $v_f = 129km/h$   
¿Cuál de las pelotas tiene más momento Lineal?

## Anexo 13.- Evaluación en semana seis

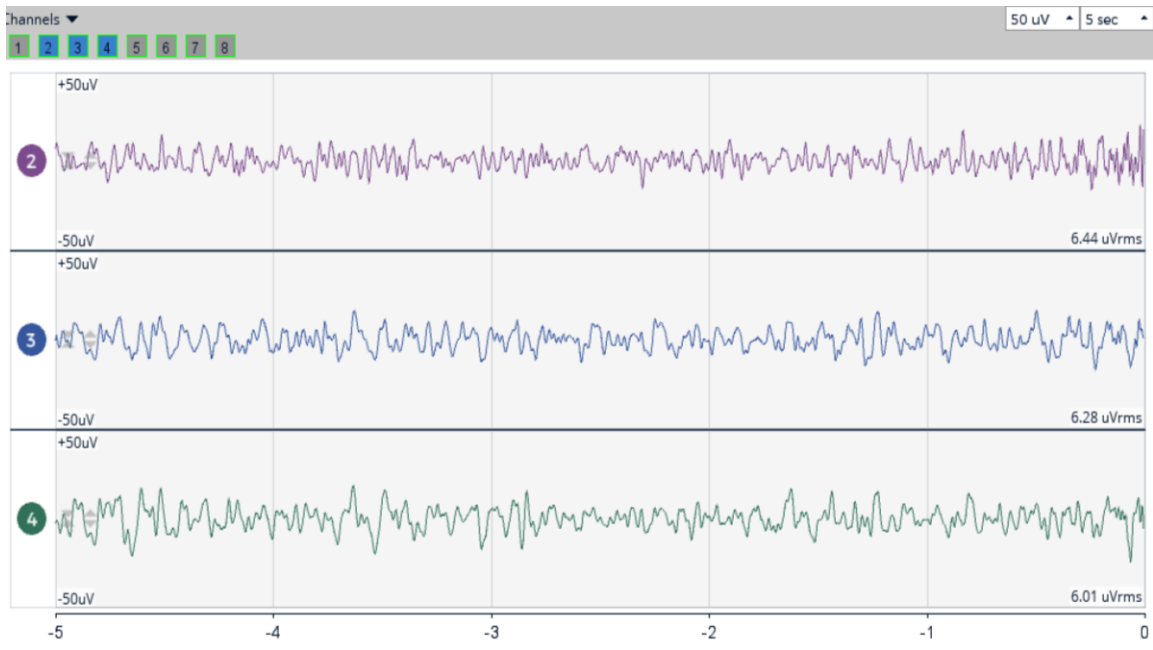
## SEMANA DOS



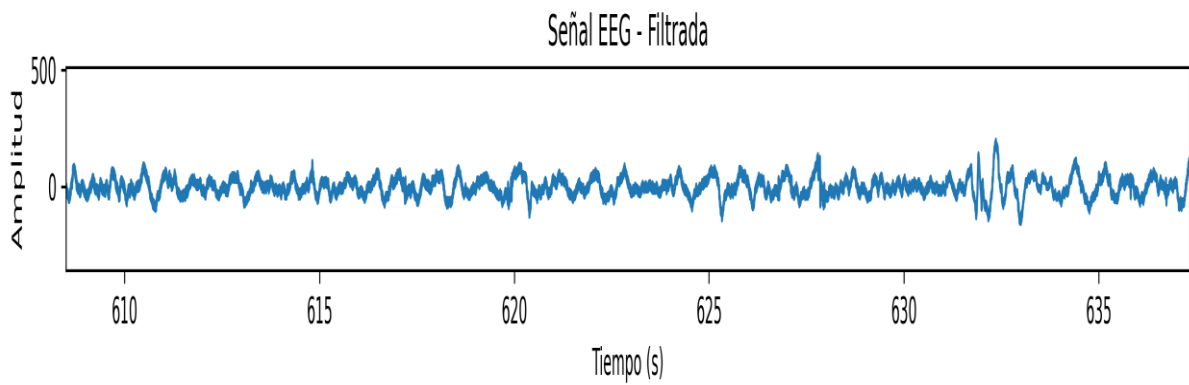
**Anexo 14.- Ondas cerebrales (Sujeto 1)**



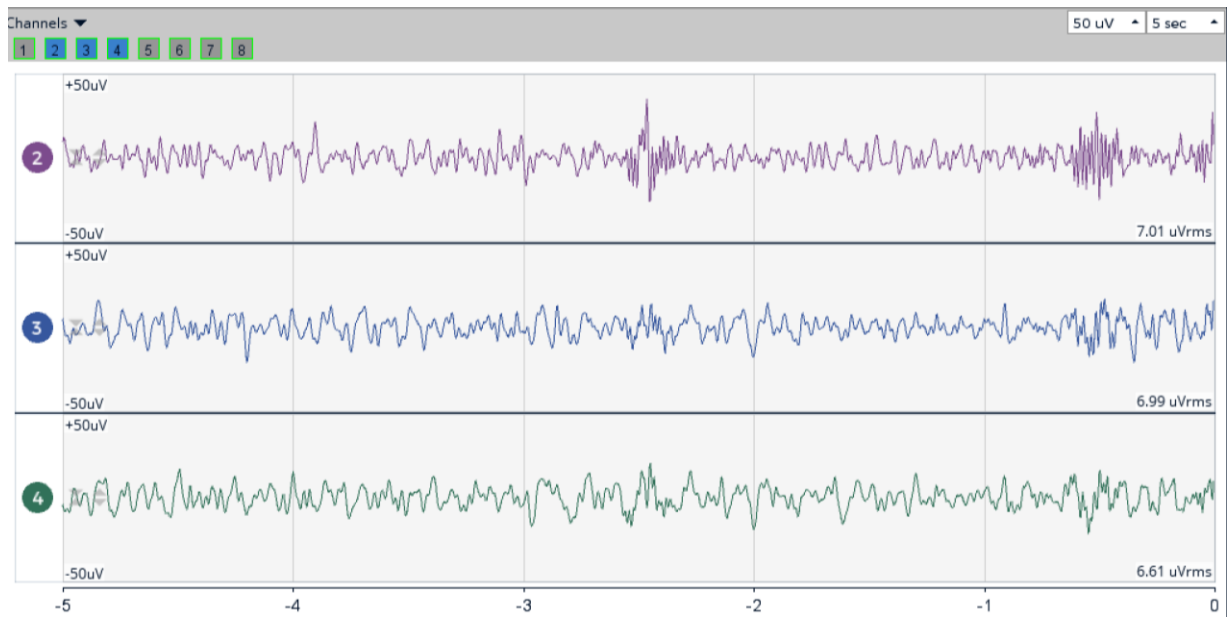
**Anexo 15.- Señal beta procesada en Python**



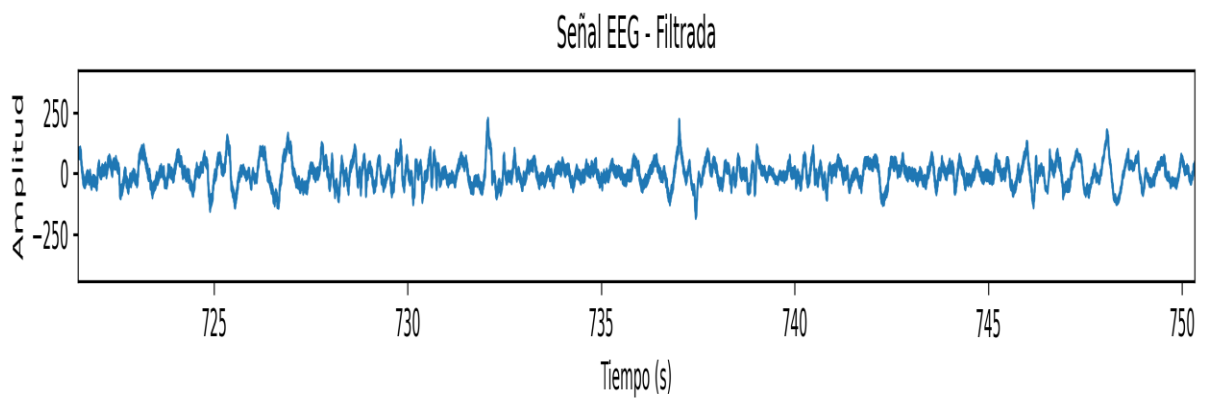
**Anexo 16.- Ondas cerebrales (Sujeto 2)**



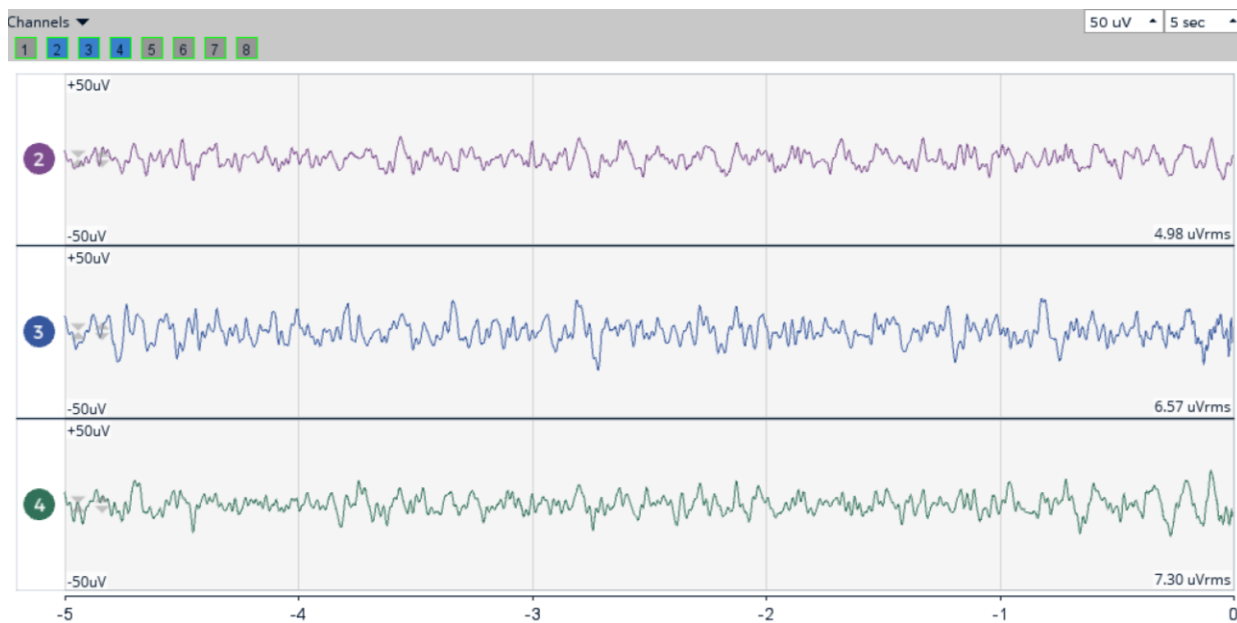
**Anexo 17.- Señal beta procesada en Python**



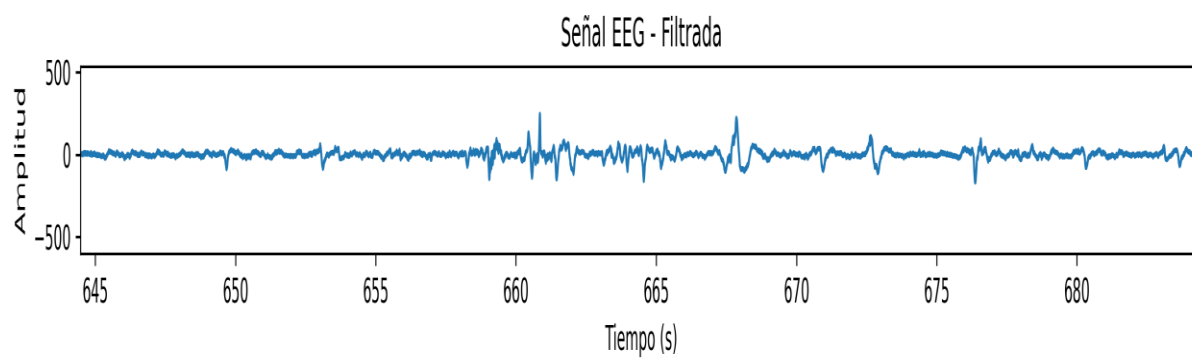
**Anexo 18.- Ondas cerebrales (Sujeto 3)**



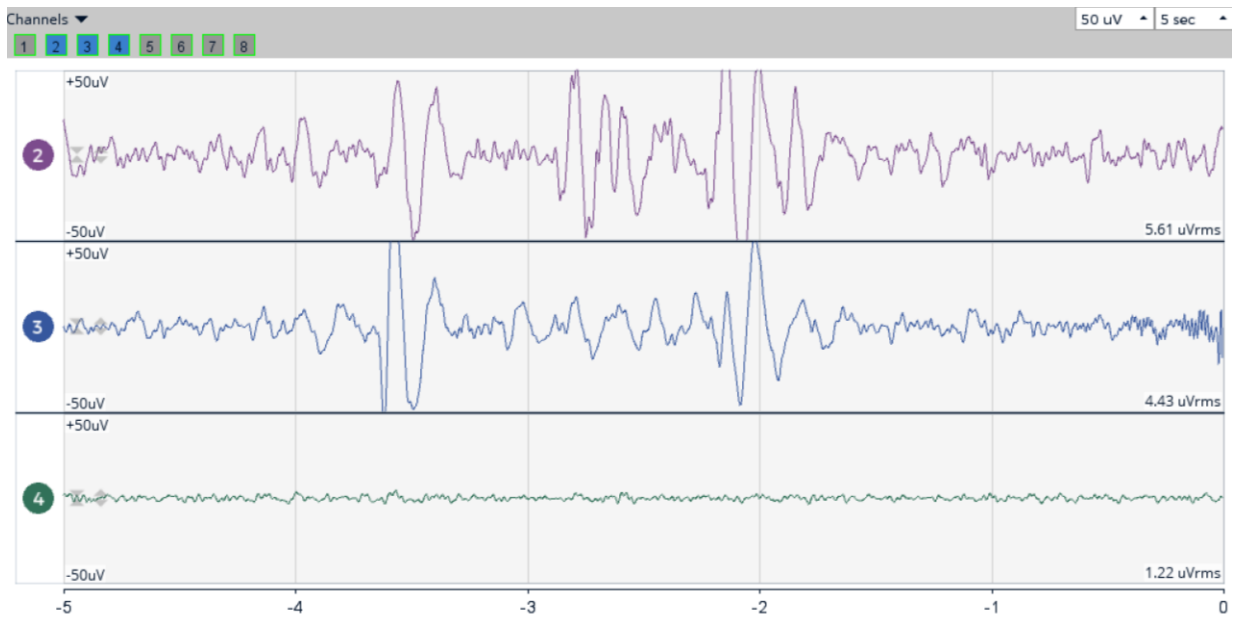
**Anexo 19.- Señal beta procesada en Python**



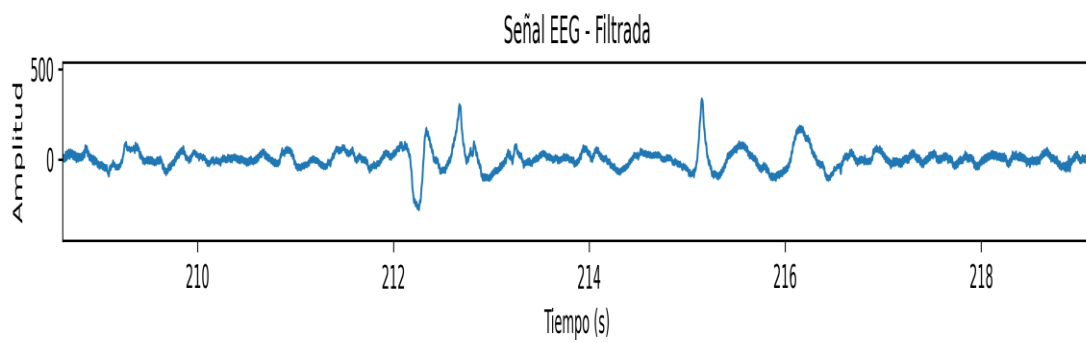
**Anexo 20.- Ondas cerebrales (Sujeto 4)**



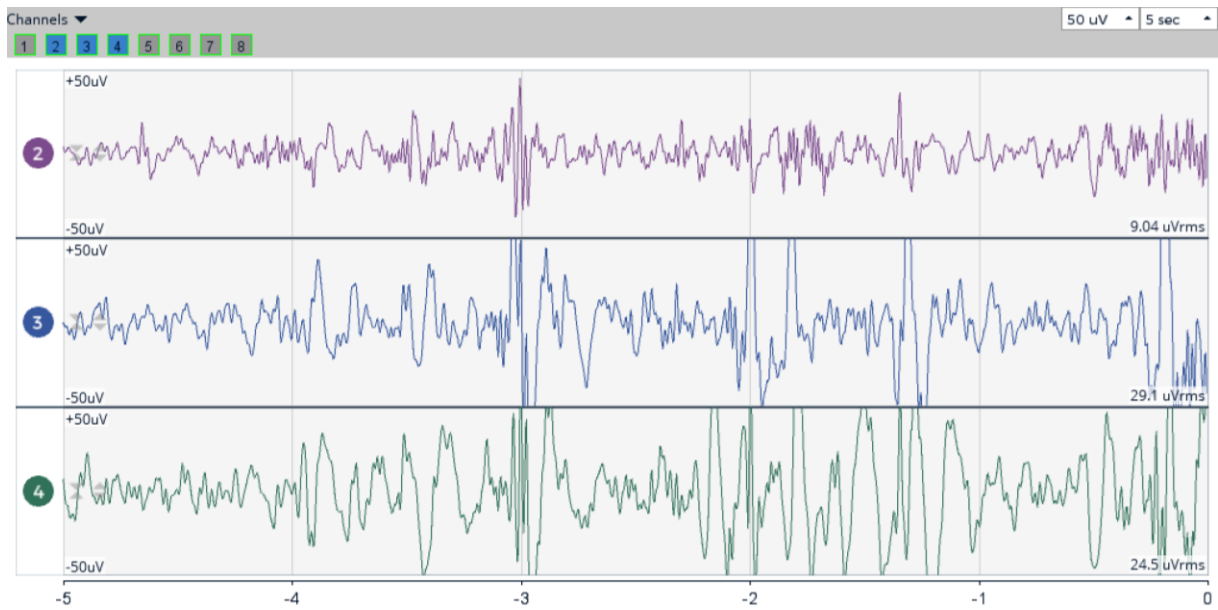
**Anexo 21.- Señal beta procesada en Python**



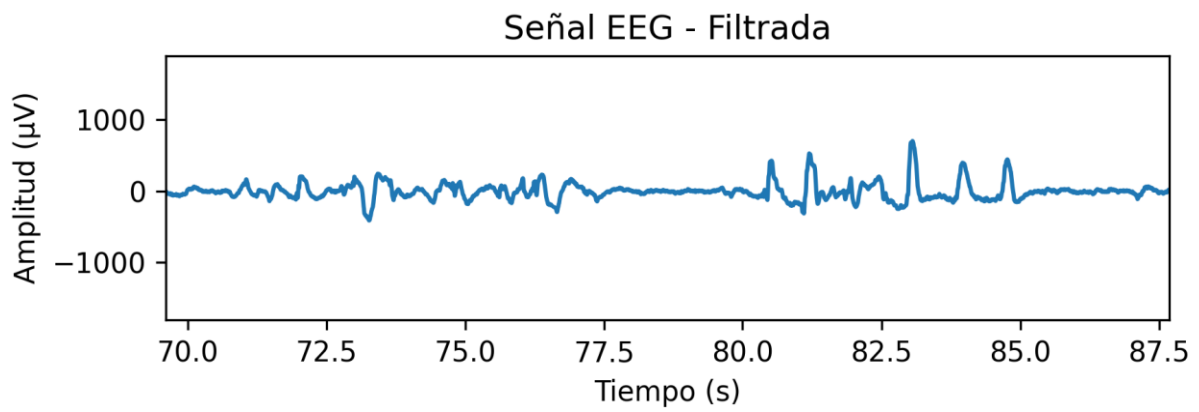
**Anexo 22.- Ondas cerebrales (Sujeto 5)**



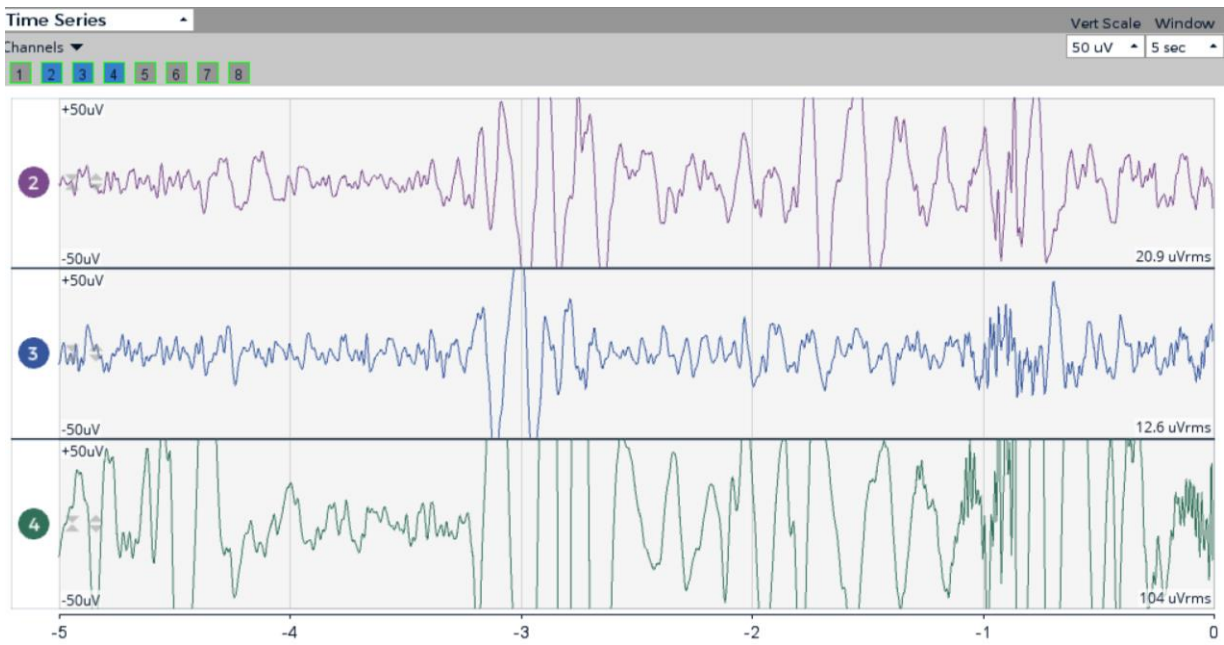
**Anexo 23.- Señal beta procesada en Python**



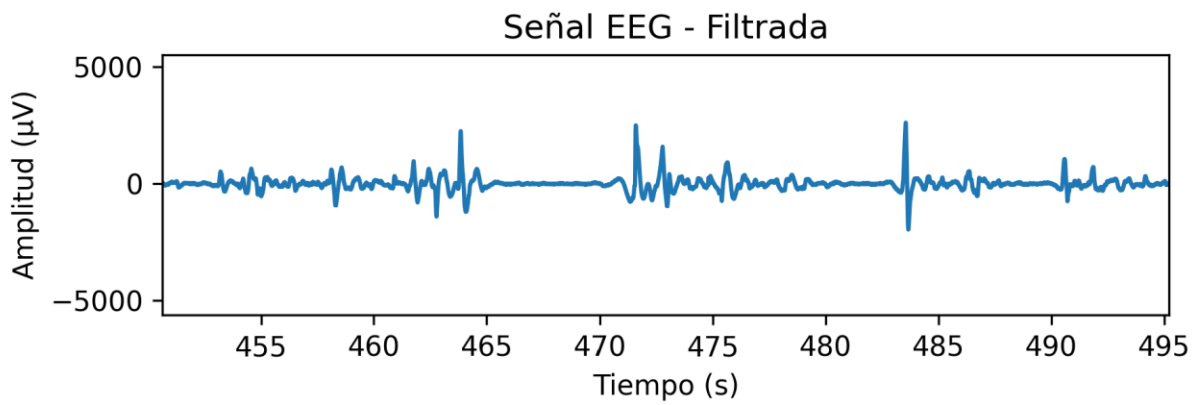
**Anexo 24.- Ondas cerebrales (Sujeto 6)**



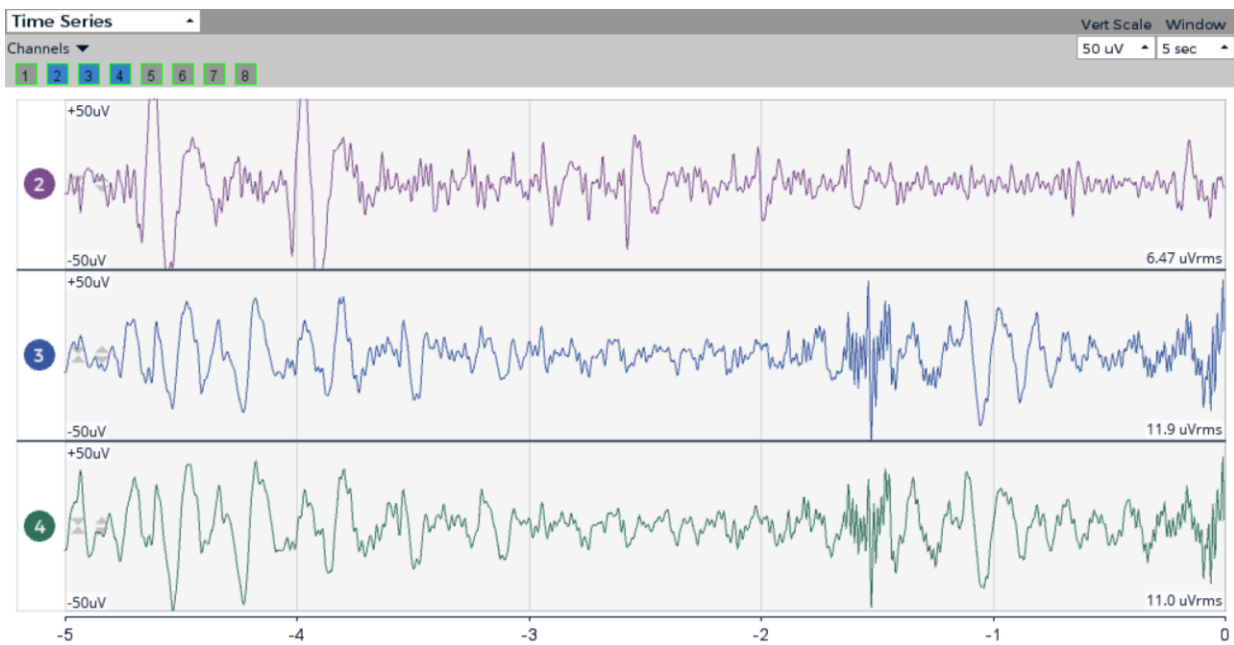
**Anexo 25.- Señal beta procesada en Python**



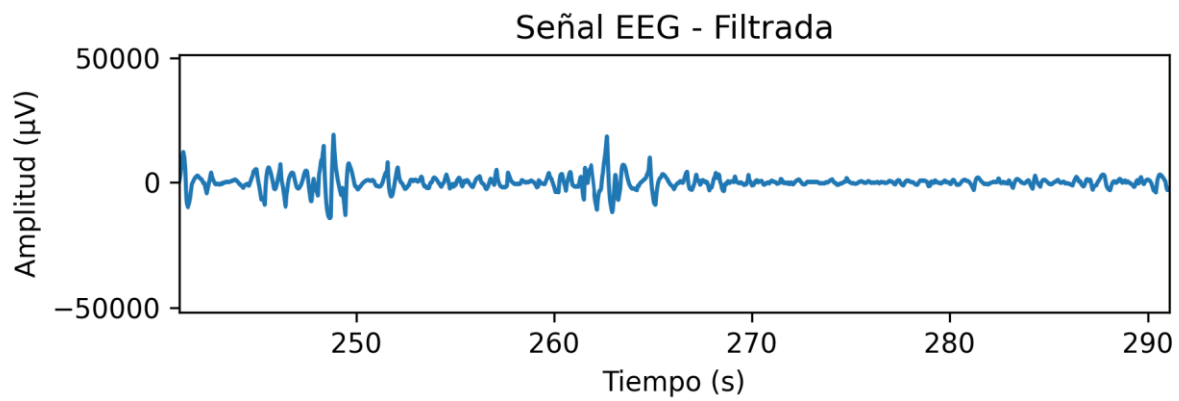
**Anexo 26.- Ondas cerebrales (Sujeto 7)**



**Anexo 27.- Señal beta procesada en Python**

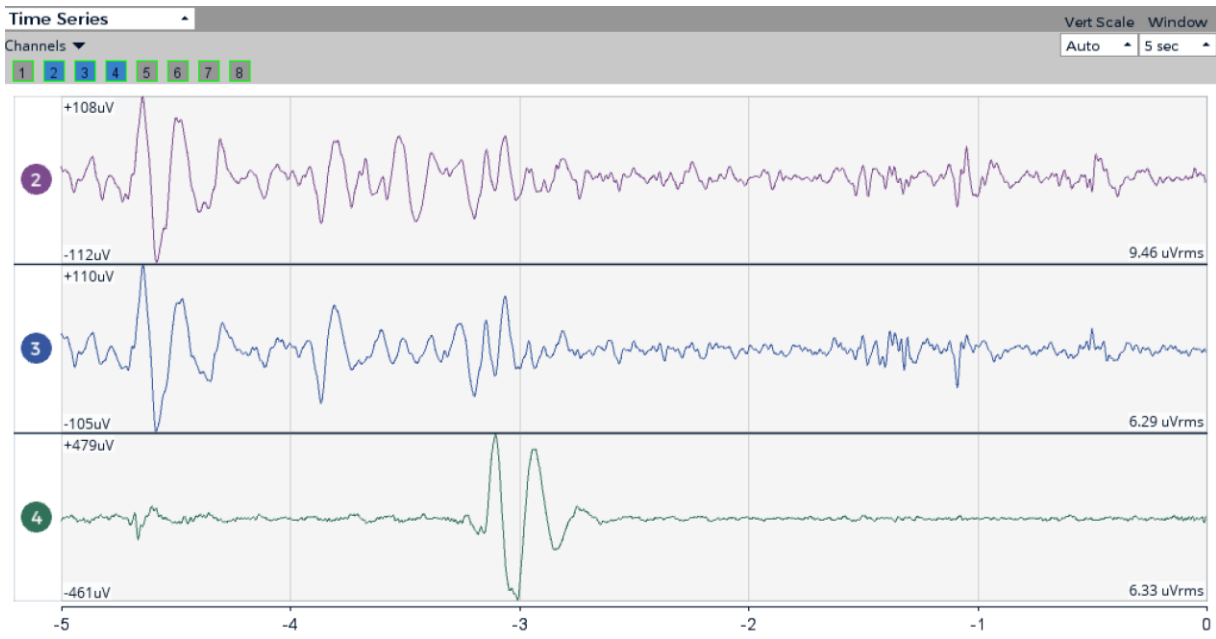


**Anexo 28.- Ondas cerebrales (Sujeto 8)**

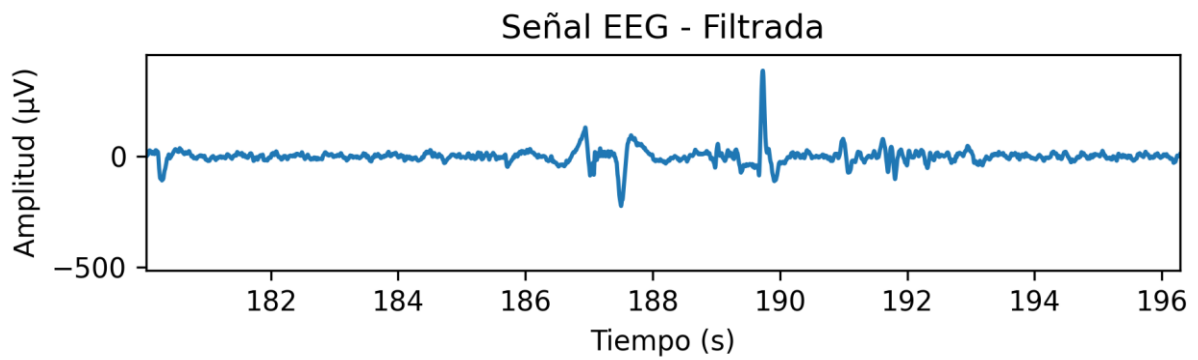


**Anexo 29.- Señal beta procesada en Python**

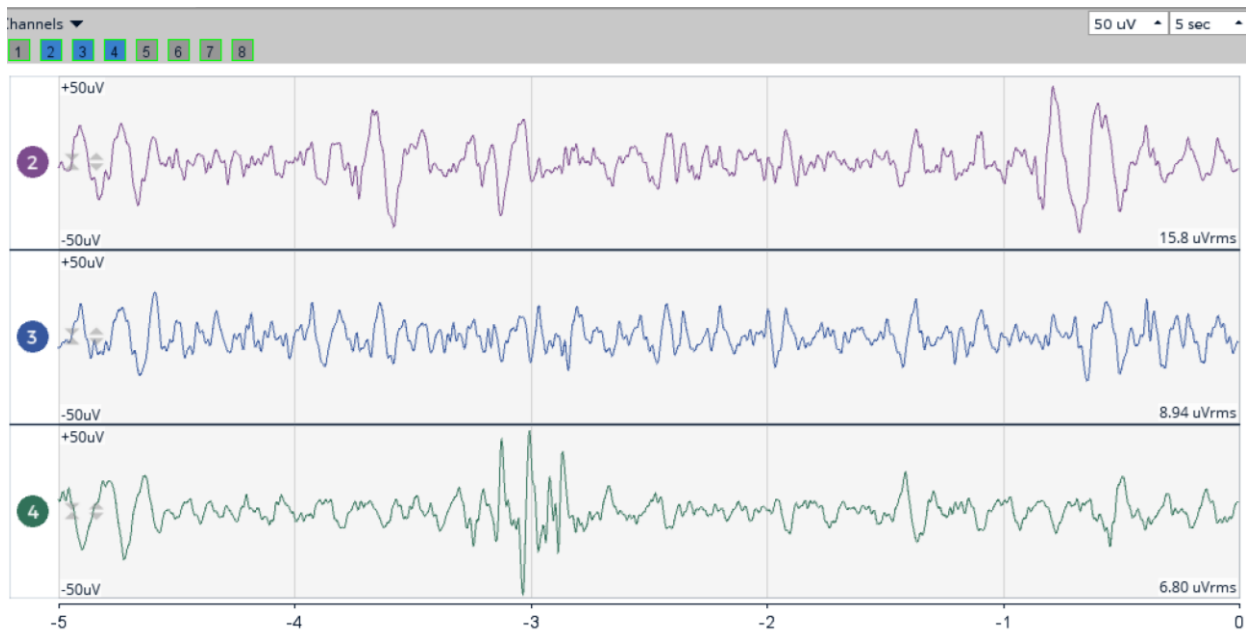
## SEMANA CUATRO



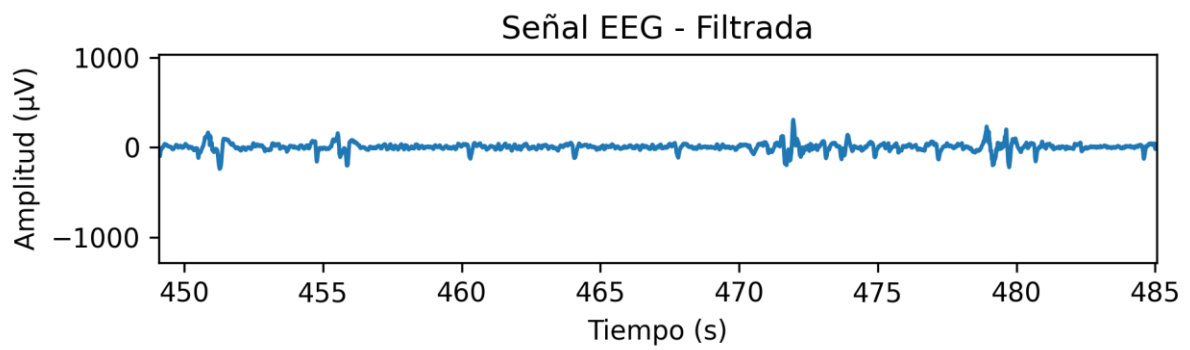
**Anexo 30.- Ondas cerebrales (Sujeto 1)**



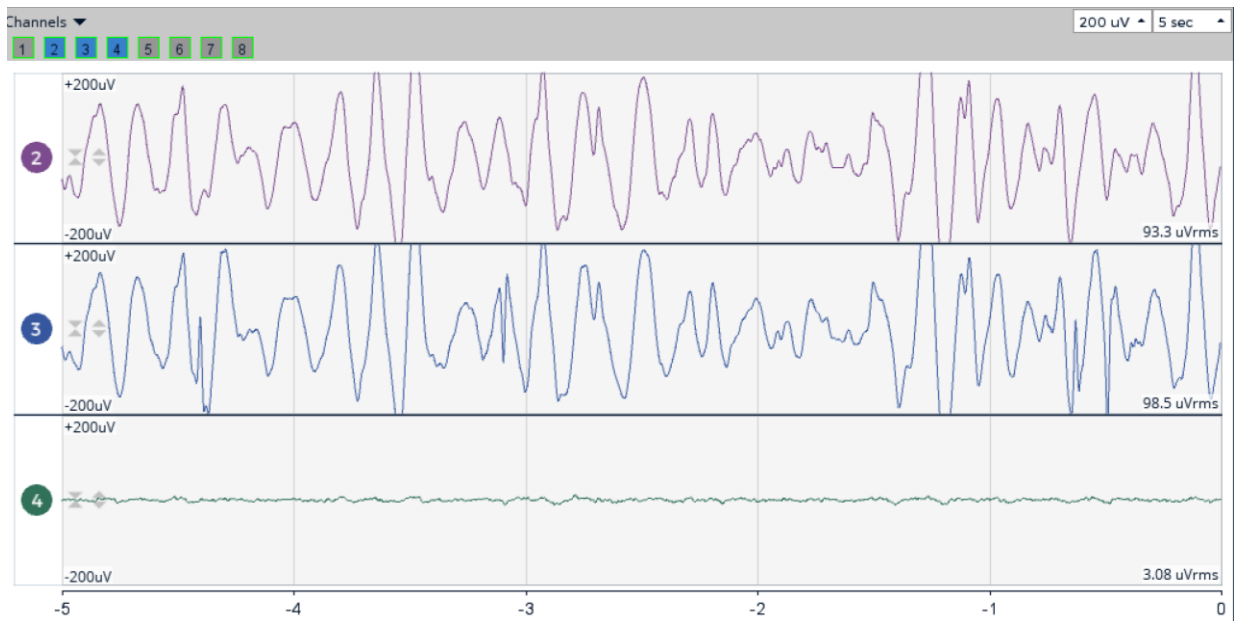
**Anexo 31.- Señal beta procesada en Python**



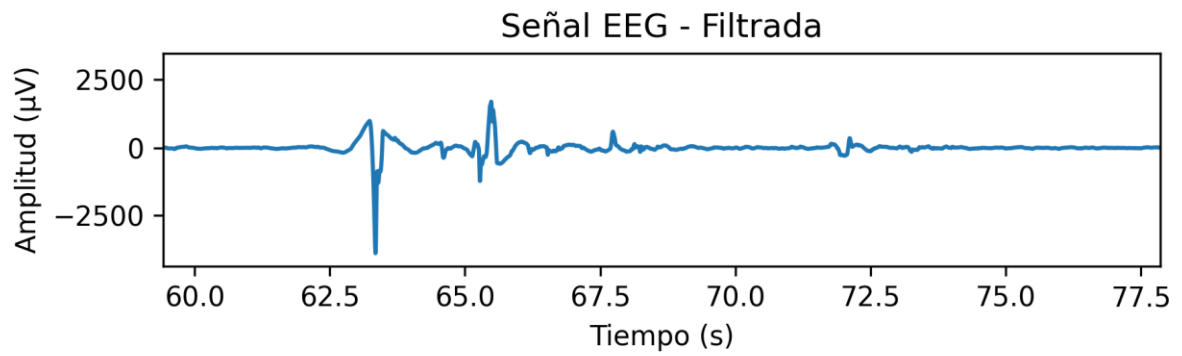
**Anexo 32.- Ondas cerebrales (Sujeto 2)**



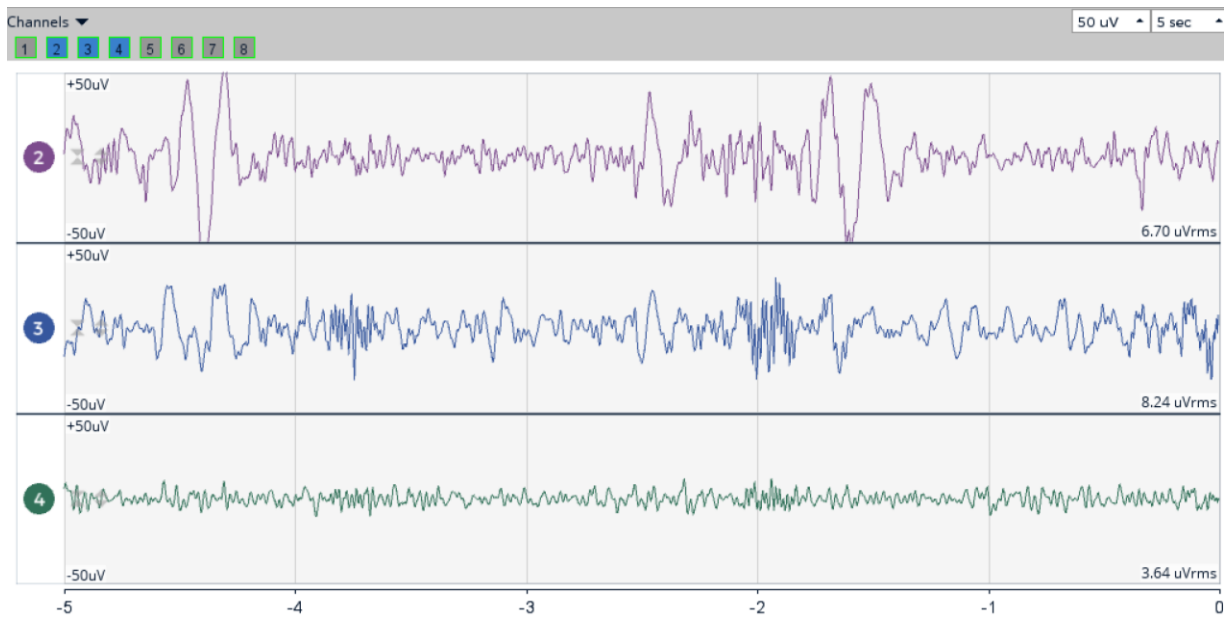
**Anexo 33.- Señal beta procesada en Python**



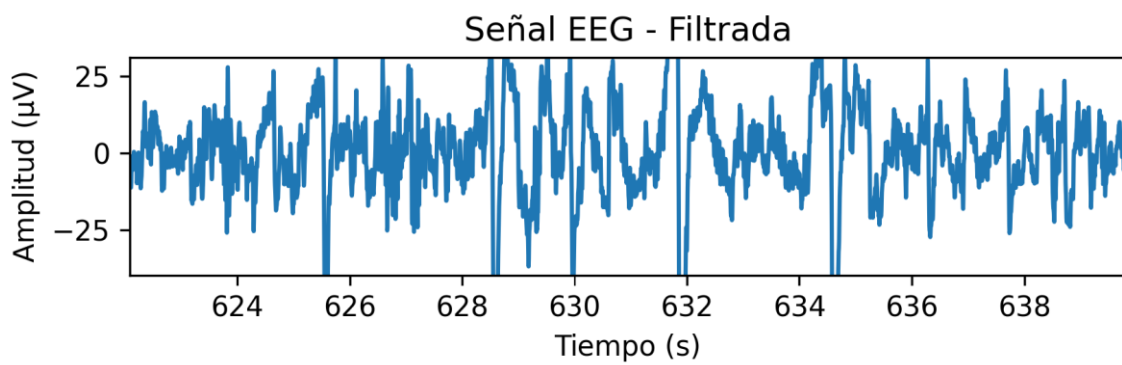
**Anexo 34.-Ondas cerebrales (Sujeto 3)**



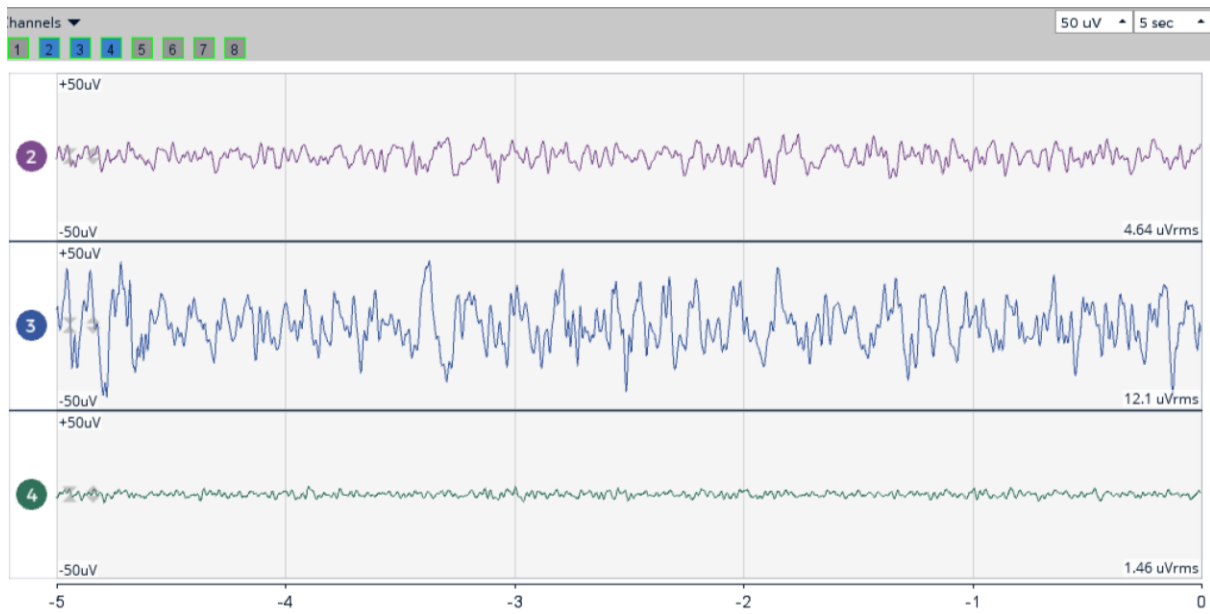
**Anexo 35.- Señal beta procesada en Python**



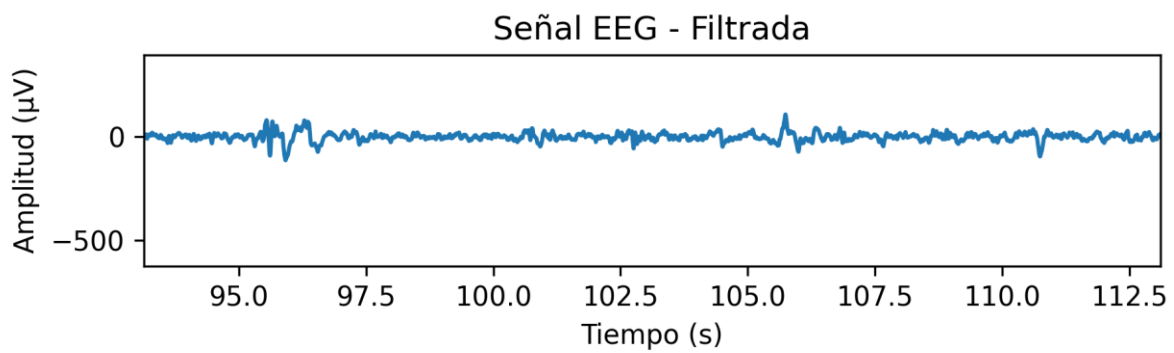
**Anexo 36.- Ondas cerebrales (Sujeto 4)**



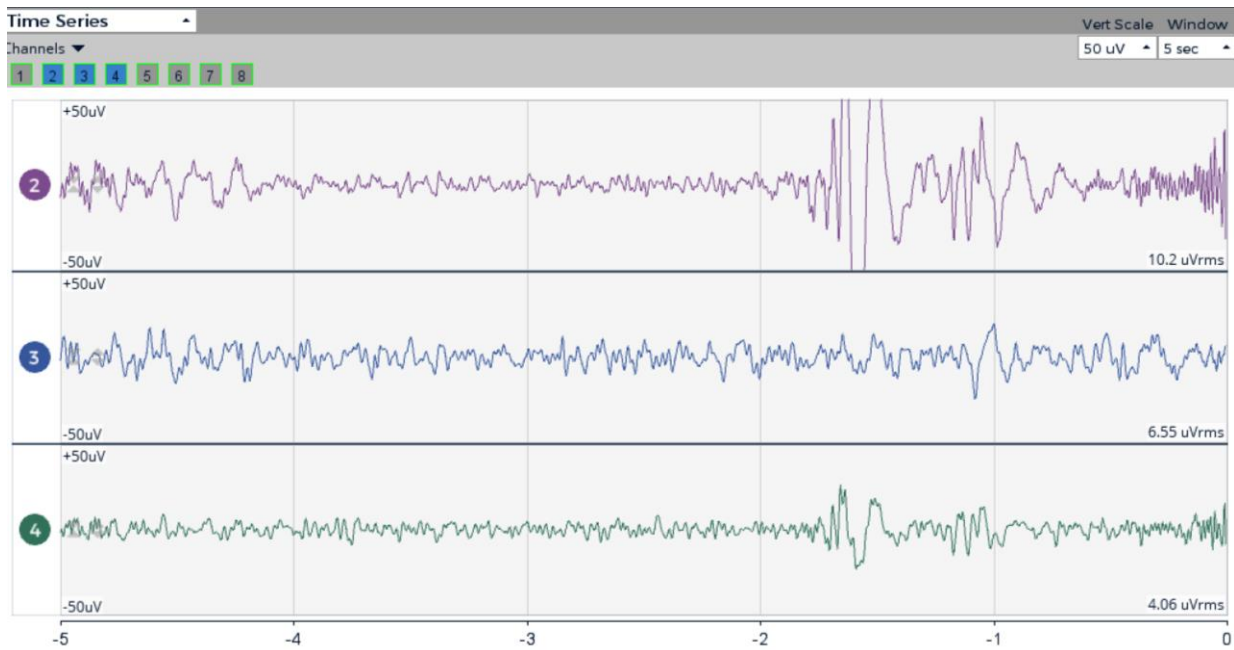
**Anexo 37.- Señal beta procesada en Python**



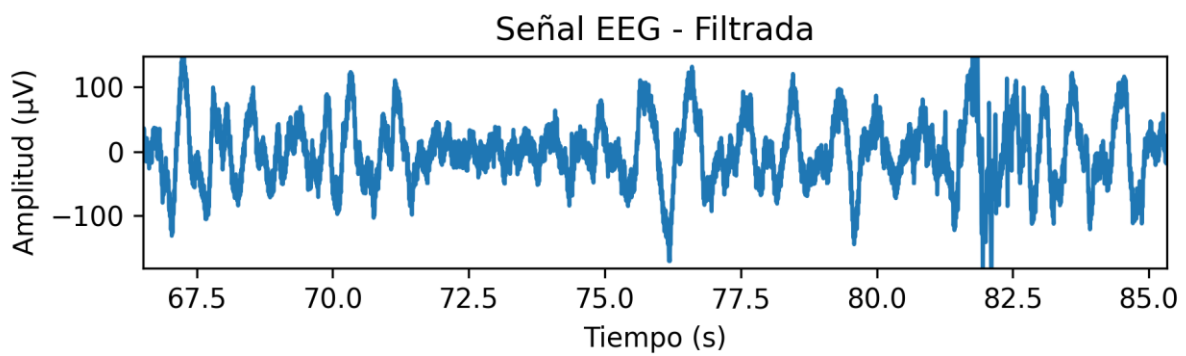
**Anexo 38.- Ondas cerebrales (Sujeto 5)**



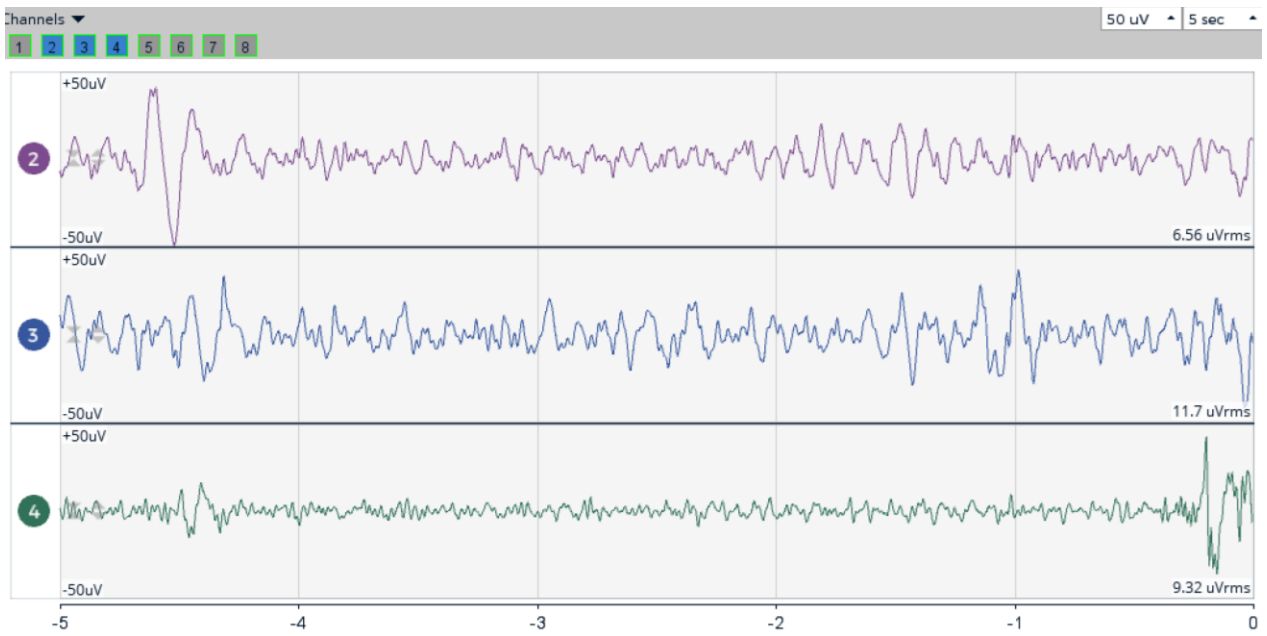
**Anexo 39.- Señal beta procesada en Python**



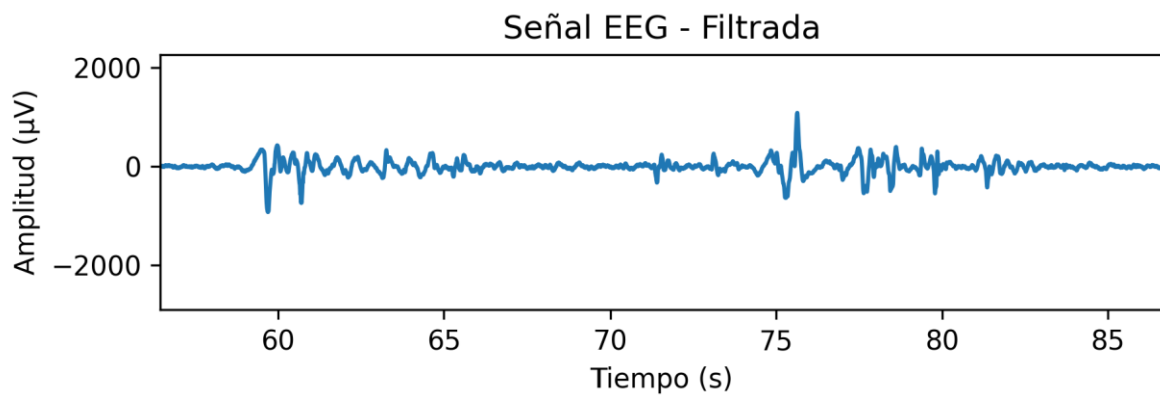
**Anexo 40.- Ondas cerebrales (Sujeto 6)**



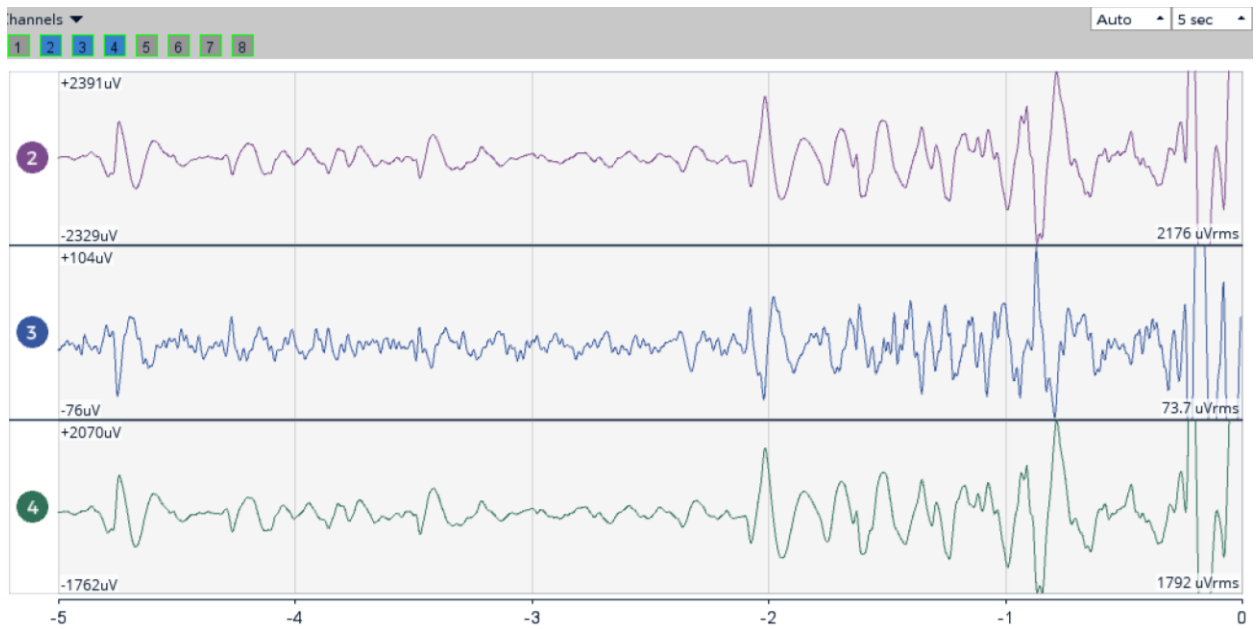
**Anexo 41.- Señal beta procesada en Python**



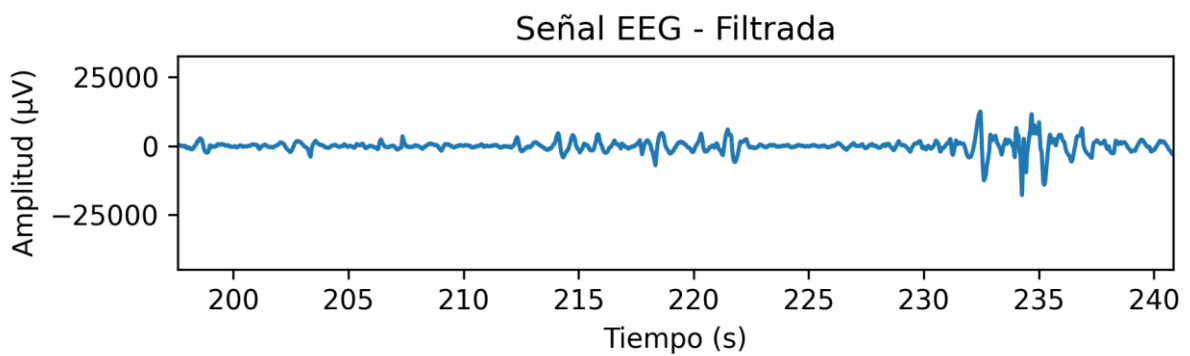
**Anexo 42.- Ondas cerebrales (Sujeto 7)**



**Anexo 43.- Señal beta procesada en Python**

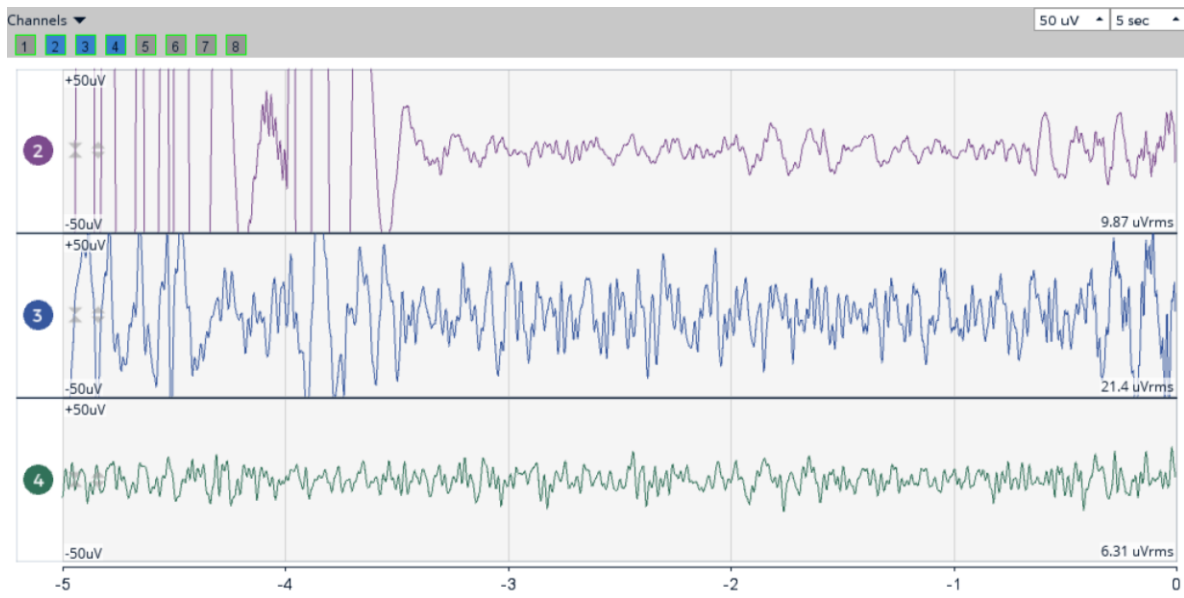


**Anexo 44.- Ondas cerebrales (Sujeto 8)**

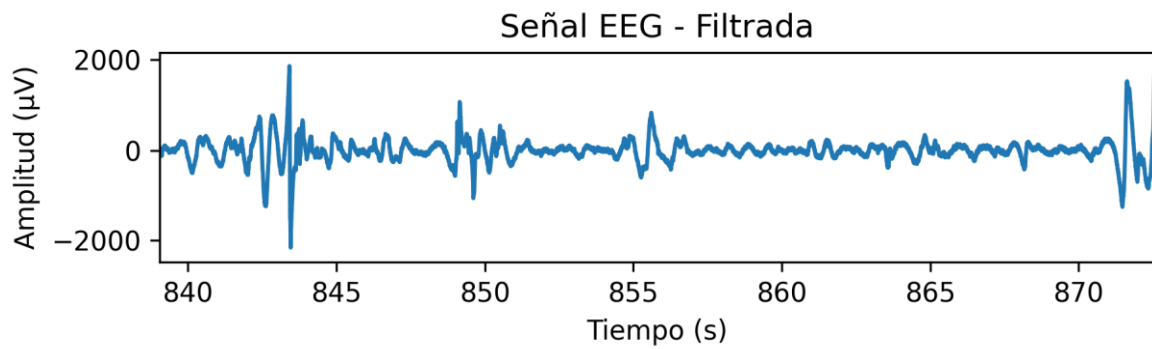


**Anexo 45.- Señal beta procesada en Python**

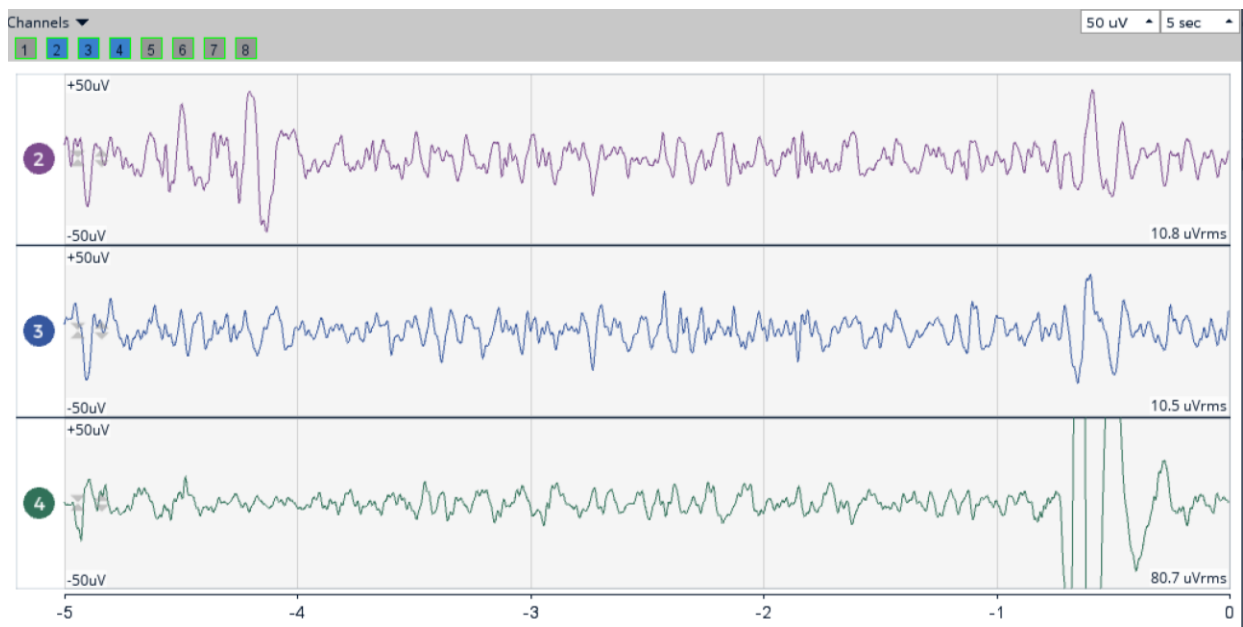
## SEMANA SEIS



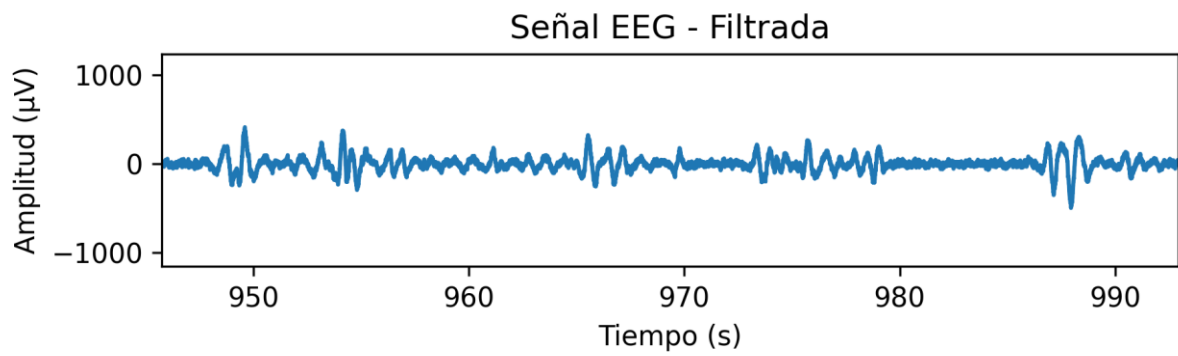
**Anexo 46.- Ondas cerebrales (Sujeto 1)**



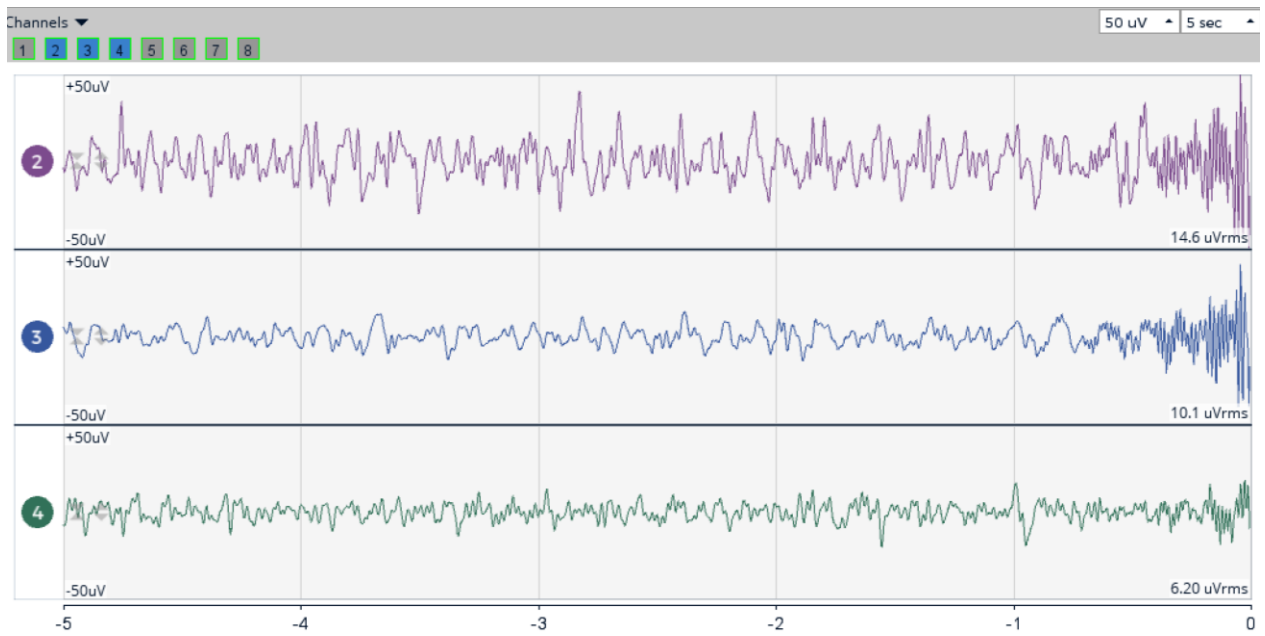
**Anexo 47.- Señal beta procesada en Python**



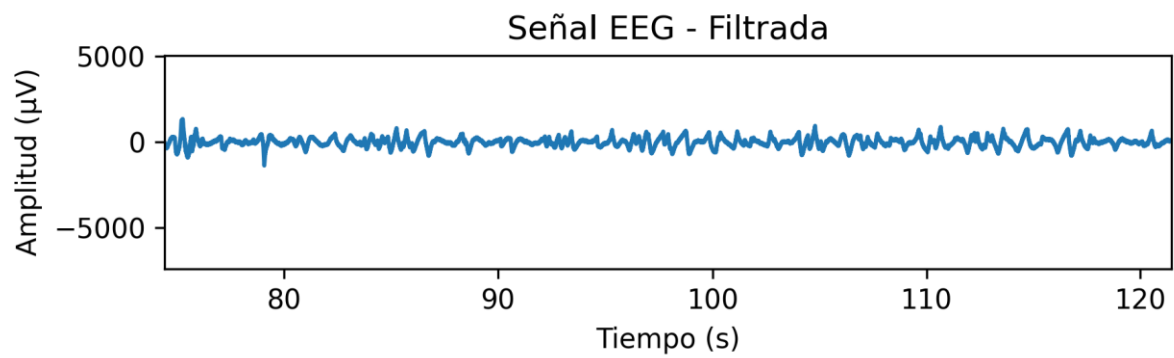
**Anexo 48.- Ondas cerebrales (Sujeto 2)**



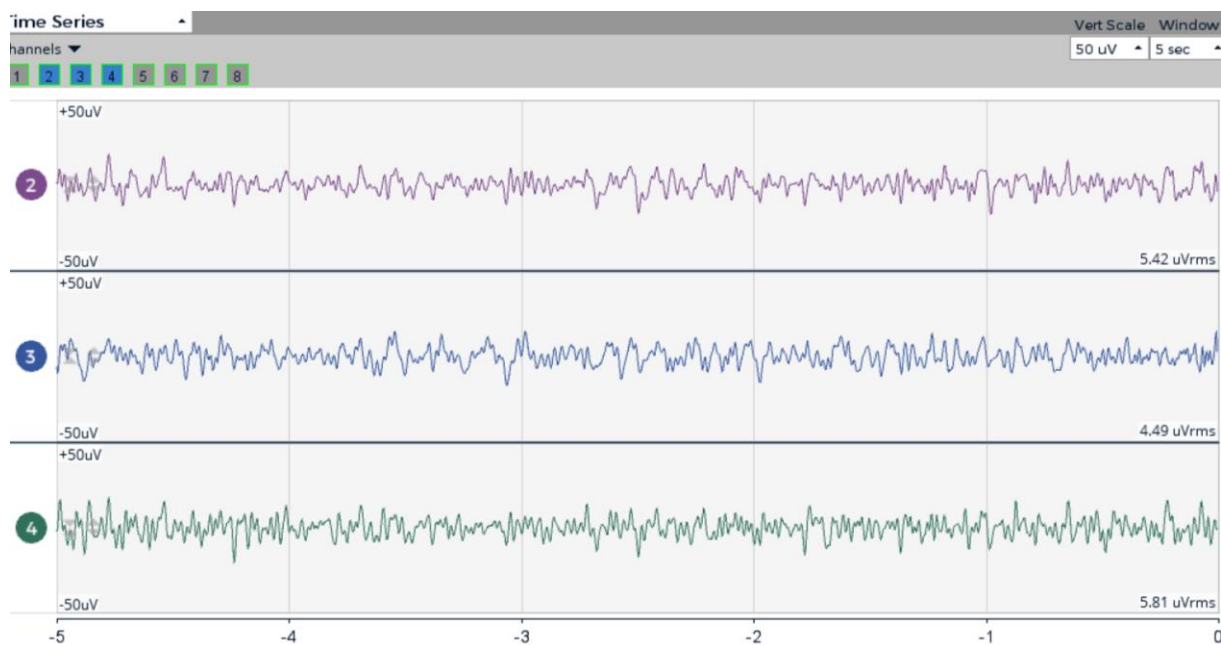
**Anexo 49.- Señal beta procesada en Python**



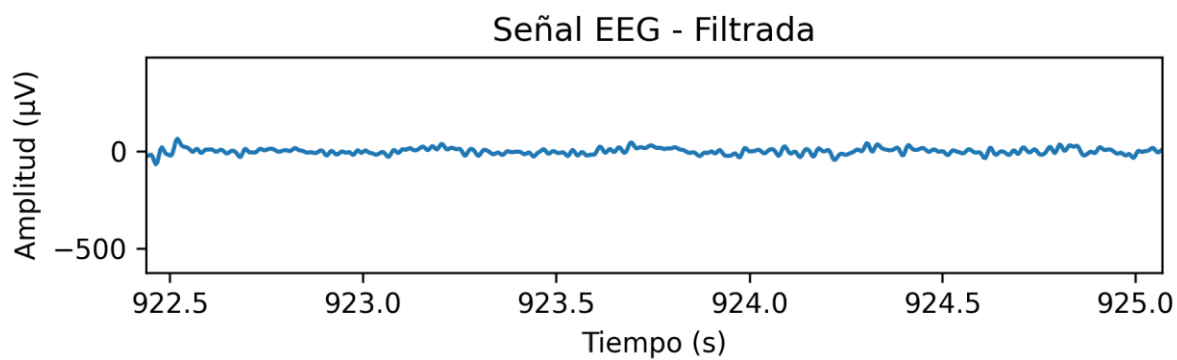
**Anexo 50.- Ondas cerebrales (Sujeto 3)**



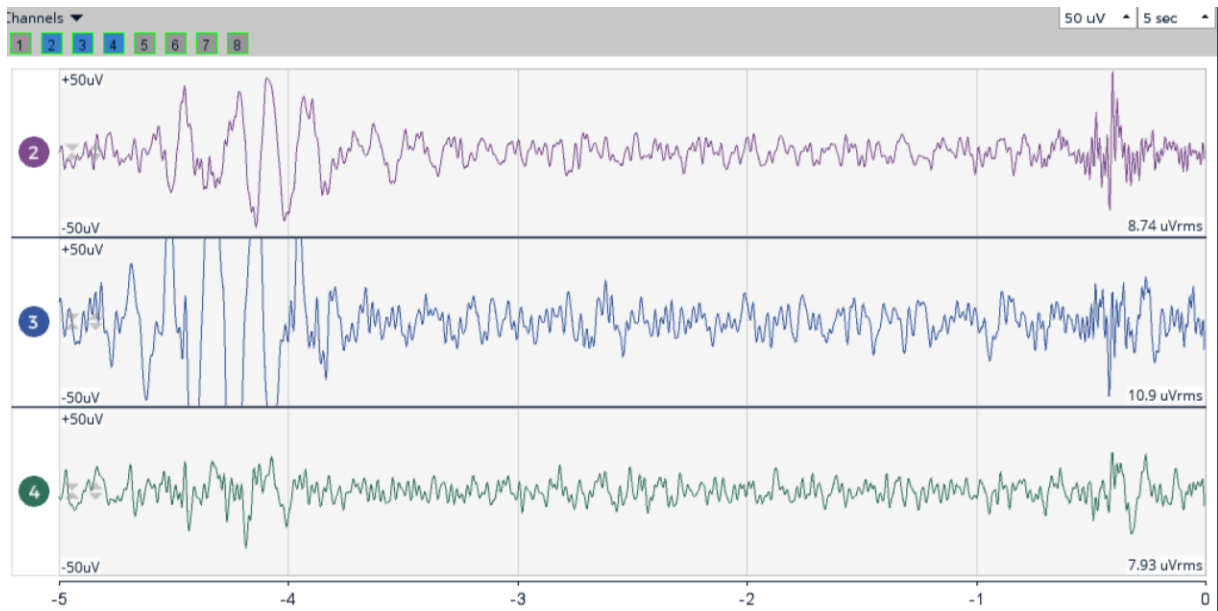
**Anexo 51.- Señal beta procesada en Python**



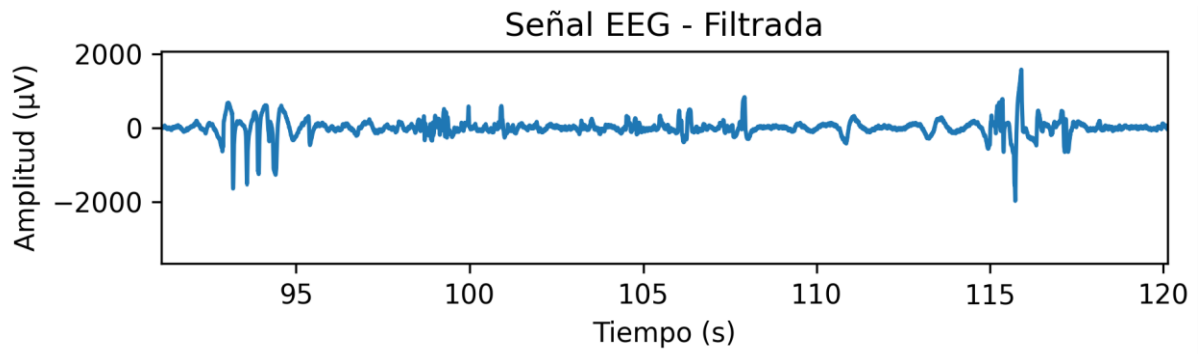
**Anexo 52.- Ondas cerebrales (Sujeto 4)**



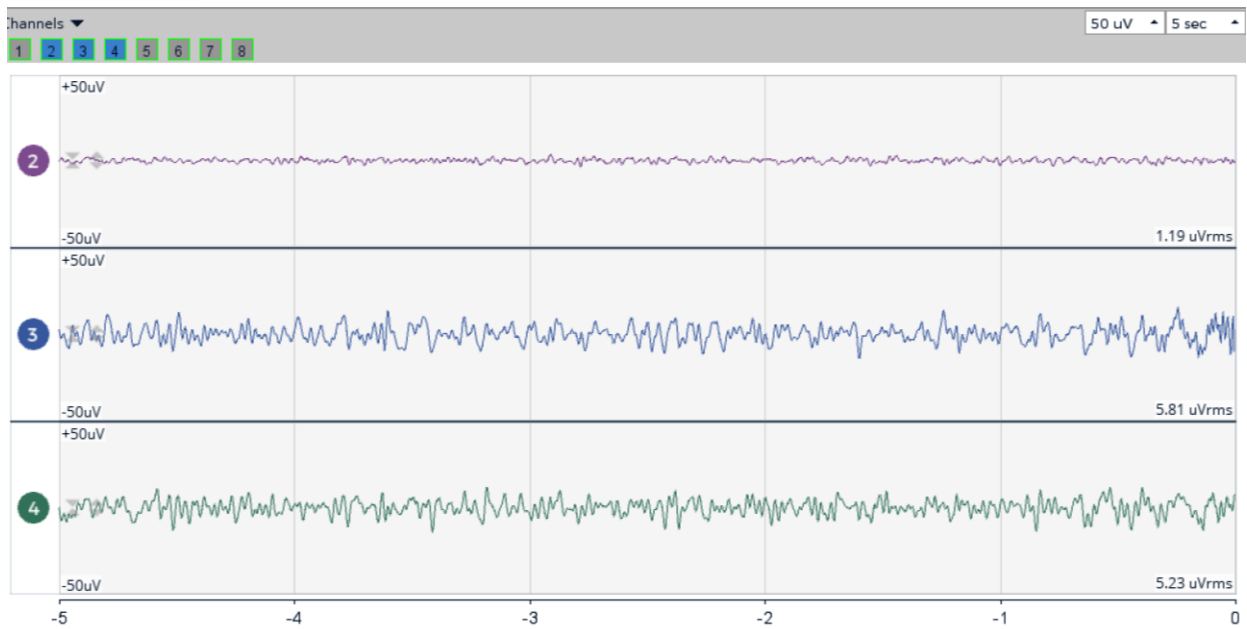
**Anexo 53.- Señal beta procesada en Python**



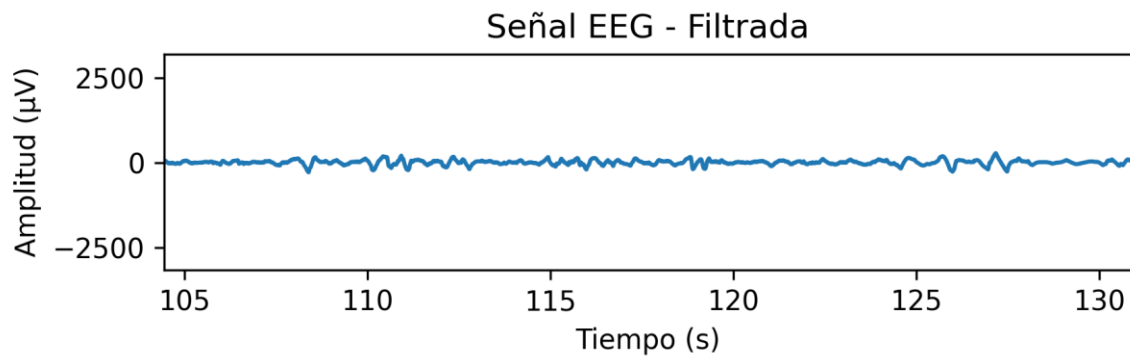
**Anexo 54.- Ondas cerebrales (Sujeto 5)**



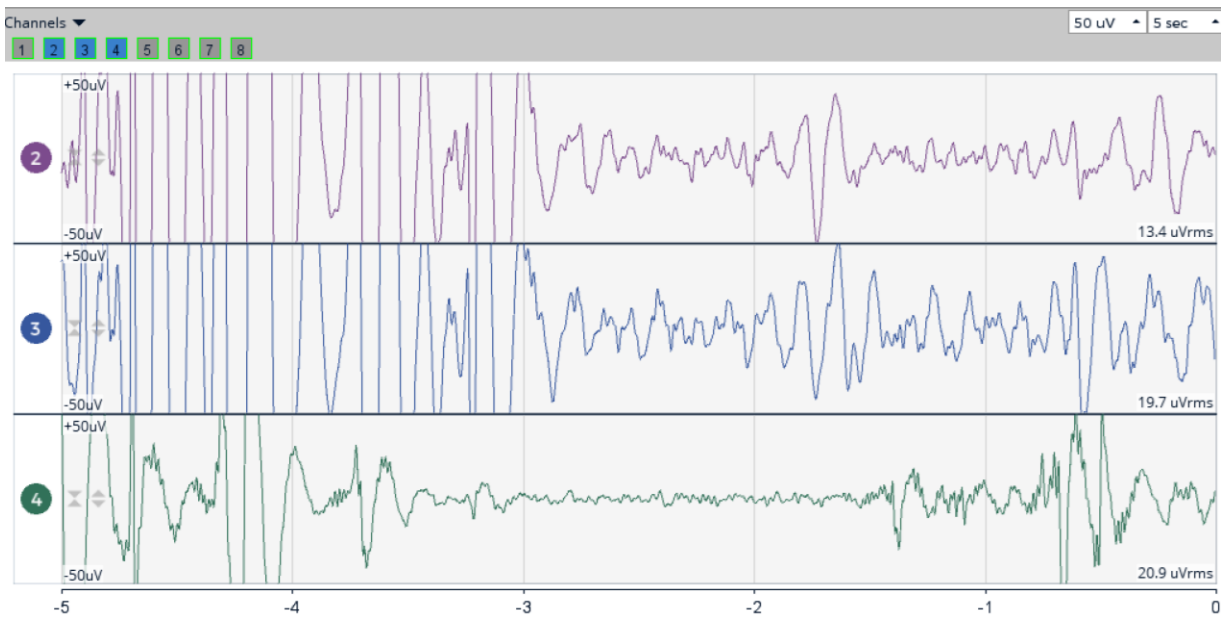
**Anexo 55.- Señal beta procesada en Python**



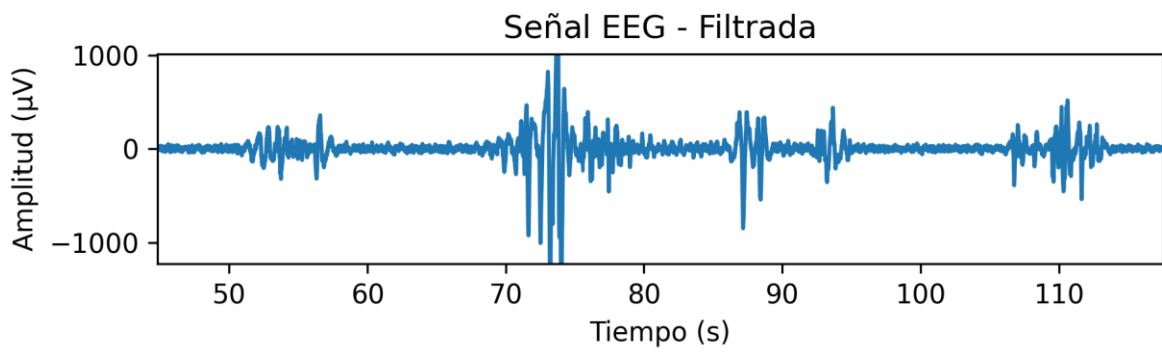
**Anexo 56.- Ondas cerebrales (Sujeto 6)**



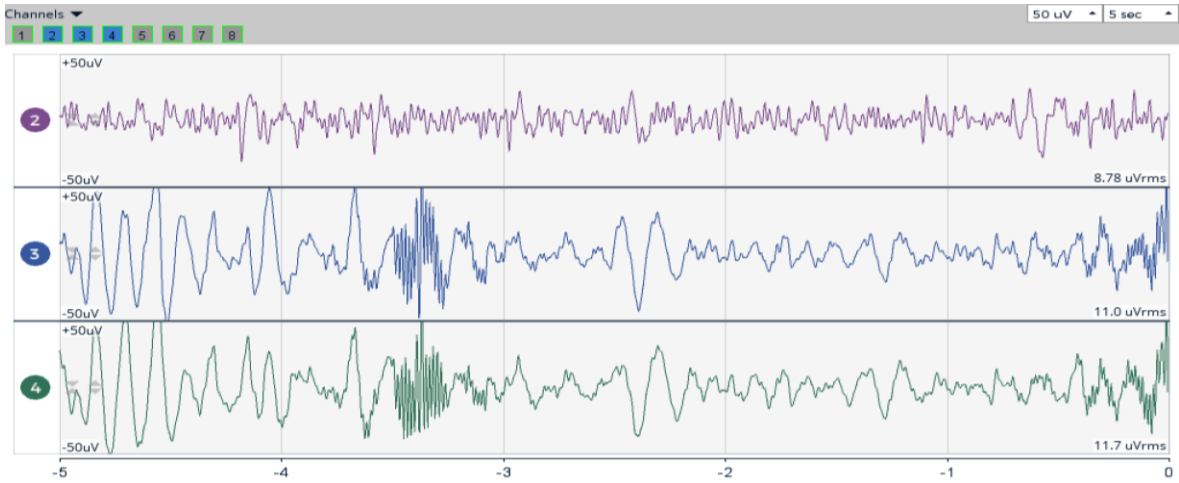
**Anexo 57.- Señal beta procesada en Python**



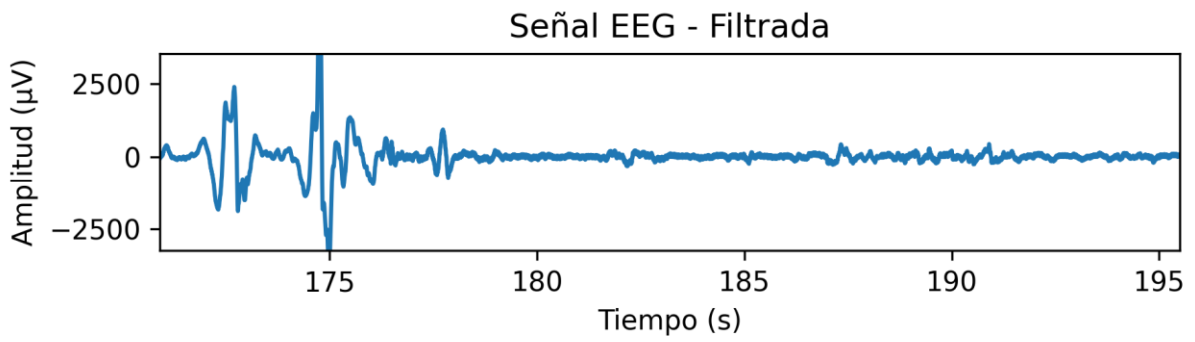
**Anexo 58.- Ondas cerebrales (Sujeto 7)**



**Anexo 59.- Señal beta procesada en Python**



**Anexo 60.- Ondas cerebrales (Sujeto 8)**



**Anexo 61.- Señal beta procesada en Python**

```
File Edit Selection View Go Run ... Search
main.py 4
C:\Users\irula\Documents> OpenBCI_GUI > main.py > ...
1 import os
2 import re
3 import numpy as np
4 import matplotlib.pyplot as plt
5 from scipy.fft import fft
6 from scipy.signal import butter, filtfilt, find_peaks
7
8 print("Cargando datos...")
9
10 # Estableciendo valores iniciales
11 raiz = "..\Recordings" # Carpeta raiz de los datos
12 fs = 250 # Hz
13 f_beta_min = 13 # Hz
14 f_beta_max = 30 # Hz
15 Datos = {
16     "Semana 2": {},
17     "Semana 4": {},
18     "Semana 6": {},
19 }
20
21 # Funciones
22 def crearSujeto():
23     return {
24         "Onda Original": {},
25         "Onda Fourier": {},
26         "Onda Pasabanda": {},
27         "Tiempo Min": -1,
28         "Tiempo Max": -1,
29     }
```

## Anexo 62.- Importación de librerías y estructuración de datos

```
File Edit Selection View Go Run ... Search
main.py 4
C:\Users\irula\Documents> OpenBCI_GUI > main.py > ...
31
32 def aplicarFourier(onda):
33     return fft(onda)
34
35
36 def aplicarPasabanda(onda):
37     lowcut = 1 # Frecuencia de corte inferior en Hz
38     highcut = 50 # Frecuencia de corte superior en Hz
39     nyquist_freq = 0.5 * fs # Frecuencia de Nyquist
40     low = lowcut / nyquist_freq
41     high = highcut / nyquist_freq
42     b, a = butter(4, [low, high], btype="band")
43     return filtfilt(b, a, onda)
44
45
46 def calcularTiempo(sujeto):
47     longitudOnda = len(sujeto["Onda Original"])
48
49     # Modificar los tiempos
50     tiempoTotal = longitudOnda / fs # Duración total de las señales en segundos
51     tiempo = np.linspace(0, tiempoTotal, longitudOnda) # Nuevo vector de tiempo
52     return tiempo
53
54
55 def calcularFrecuencias(sujeto):
56     longitudOnda = len(sujeto["Onda Original"])
57     frecuencias = np.fft.fftfreq(longitudOnda, 1 / fs)
58     return frecuencias
59
60
```

## Anexo 63.- Asignación de frecuencias, transformada de Fourier, Teorema Nyquist y filtro pasa banda

```

File Edit Selection View Go Run ... Search
main.py 4
C:\Users\irula\Documents> OpenBCI_GUI > main.py > ...
60
61 def calcularMagnitud(sujeto):
62     magnitud = np.abs(sujeto["Onda Fourier"])
63     return magnitud
64
65 def calcularPicoMax(onda):
66
67     media = np.mean(onda)
68     desviacionEstandar = int(np.std(onda))
69
70     # Calculamos los limites maximos y minimos dentro de la onda para ignorar valores extremos
71     sensibilidad = 9 # Se puede ajustar este valor
72     limiteMax = media + (desviacionEstandar * sensibilidad)
73     limiteMin = media - (desviacionEstandar * sensibilidad)
74
75     # Calculamos el pico maximo y su posicion en el arreglo de la onda
76     picos, _ = find_peaks(onda, height=(limiteMin, limiteMax))
77     indicePicoMax = picos[np.argmax(onda[picos])]
78     tiempoPicoMax = indicePicoMax / fs
79
80     # Definimos el intervalo alrededor del pico maximo eje x
81     intervalo = int(
82         tiempoPicoMax
83     ) # Se puede ajustar el intervalo - ajustaria el zoom en el eje x
84     inicio = max(0, indicePicoMax - intervalo)
85     final = min(len(onda) - 1, indicePicoMax + intervalo)
86
87     return indicePicoMax, inicio, final
88
Ln 64, Col 1 Spaces: 4 UTF-8 CRLF Python

```

## Anexo 64.- Identificación de amplitudes máximas, magnitud y detección

```

File Edit Selection View Go Run ... Search
main.py 4
C:\Users\irula\Documents> OpenBCI_GUI > main.py > ...
90 def graficar(sujeto, semana):
91
92     print(Datos[semana][sujeto])
93
94     # Revisamos si los datos ingresados del sujeto y semana existen, en caso de que no existan, se sale de la funcion.
95     if semana not in Datos:
96         return False
97
98     if sujeto not in Datos[semana]:
99         return False
100
101     datosSujeto = Datos[semana][sujeto]
102     indicePicoMax, inicio, final = calcularPicoMax(datosSujeto["Onda Original"])
103     tiempo = calcularTiempo(datosSujeto)
104     frecuencias = calcularFrecuencias(datosSujeto)
105     magnitud = calcularMagnitud(datosSujeto)
106
107     # Graficar
108     plt.figure(figsize=(12, 8))
109
110     # Señal EEG original
111     plt.subplot2grid((3, 2), (0, 0), colspan=2) #
112     plt.plot(tiempo, datosSujeto["Onda Original"])
113     plt.plot(
114         tiempo[indicePicoMax],
115         datosSujeto["Onda Original"][indicePicoMax],
116         "ro",
117         label=f'Amplitud: {datosSujeto["Onda Original"][indicePicoMax]}, Tiempo: {tiempo[indicePicoMax]}',
118     )

```

## Anexo 65- Visualización de señal EEG

```

File Edit Selection View Go Run ... Search
main.py 4
C:\Users\irula\Documents> OpenBCI_GUI > main.py > graficar
123 plt.title("Señal EEG - Original") # Título
124 plt.xlabel("Tiempo (s)") # Etiqueta x
125 plt.ylabel("Amplitud (µV)") # Etiqueta y
126 # plt.xlim(200, 500) # Establece los límites del eje x (zoom)
127 # plt.ylim(-10000, 10000) # Establece los límites del eje y (zoom)
128 plt.legend()
129
130 # Señal EEG Espectro de frecuencia
131 plt.subplot2grid((3, 2), (1, 0))
132 plt.plot(frecuencias, magnitud)
133 plt.title("Señal EEG - Espectro de frecuencia")
134 plt.xlabel("Frecuencia (Hz)")
135 plt.ylabel("Magnitud")
136 ##plt.ylim(-500, 10000) # Establece los límites del eje y (zoom)
137 # plt.xlim(0, 150) # Establece los límites del eje x (zoom)
138
139 # Señal EEG filtrada
140 plt.subplot2grid((3, 2), (1, 1)) #
141 plt.plot(tiempo, datosSujeto["Onda Pasabanda"])
142 plt.title("Señal EEG - Filtrada")
143 plt.xlabel("Tiempo (s)")
144 plt.ylabel("Amplitud (µV)")
145 plt.xlim(500, 1500) # Establece los límites del eje x (zoom)
146 plt.ylim(-20000, 20000) # Establece los límites del eje y (zoom)
147
148 # Señal EEG Espectro de frecuencia (Filtrada)
149 plt.subplot2grid((3, 2), (2, 0)) #
150 plt.plot(frecuencias, np.abs(fft(datosSujeto["Onda Pasabanda"])))
151 plt.title("Señal EEG - Espectro de frecuencia (Filtrada)")

```

## Anexo 66.- Visualización de gráficas y edición de ejes

```

File Edit Selection View Go Run ... Search
main.py 4
C:\Users\irula\Documents> OpenBCI_GUI > main.py > ...
155 # Señal EEG Original Pico Máximo
156 plt.subplot2grid((3, 2), (2, 1))
157 plt.plot(tiempo[inicio:final], datosSujeto["Onda Original"][inicio:final])
158 plt.plot(
159     tiempo[indicePicoMax],
160     datosSujeto["Onda Original"][indicePicoMax],
161     "ro",
162     label=f'Amplitud: {datosSujeto["Onda Original"][indicePicoMax]}, Tiempo: {tiempo[indicePicoMax]}',
163 )
164 plt.title("Señal EEG - Original - Pico Máximo")
165 plt.xlabel("Tiempo (s)")
166 plt.ylabel("Amplitud (µV)")
167 plt.legend()
168
169 plt.tight_layout()
170 plt.show(block=True)
171 return True
172
173 def extraerDatos():
174     # Agregando todos los datos de todos los sujetos en el diccionario
175     for subdir, dirs, files in os.walk(raiz):
176         for file in files:
177             semanaMatch = re.search(r"(Semana) (\d)", subdir, re.IGNORECASE)
178             sujetoMatch = re.search(r"(Sujeto) (\d)_S\d.txt", file, re.IGNORECASE)
179
180             if semanaMatch and sujetoMatch:
181                 semana = semanaMatch.group(1) + " " + semanaMatch.group(2)
182                 sujeto = "Sujeto " + sujetoMatch.group(1)
183                 archivo = np.loadtxt(os.path.join(subdir, file))

```

## Anexo 67.- Base de datos por sujetos y semanas

```
File Edit Selection View Go Run ... Search
main.py 4
C:\Users\irula\Documents> OpenBCI_GUI > main.py > ...
186 Datos[semana][suje] = crearSujeto()
187 Datos[semana][suje] ["Onda Original"] = archivo[:]
188 Datos[semana][suje] ["Onda Fourier"] = aplicarFourier(archivo[:])
189 Datos[semana][suje] ["Onda Pasabanda"] = aplicarPasabanda(archivo[:])
190
191 def menu():
192     # Menu en linea de comandos
193     os.system("cls")
194     while True:
195         print("===== Menu =====\n")
196         print("1) Graficar ondas\n")
197         print("2) Salir\n")
198         opcion = input("Ingrese una opcion: ")
199
200         match opcion:
201             case "1":
202                 sujeto = "Sujeto " + input("Ingrese el número del sujeto: ")
203                 semana = "Semana " + input("Ingrese el número de la semana: ")
204
205                 if graficar(sujeto, semana):
206                     os.system("cls")
207                 else:
208                     os.system("cls")
209                     print("La semana y/o el sujeto no existe!\n")
210
211             case "2":
212                 os.system("cls")
213                 break
214
Ln 172, Col 1 Spaces: 4 UTF-8 CRLF Python
```

## Anexo 68.- Menú Principal

```
File Edit Selection View Go Run ... Search
main.py 4
C:\Users\irula\Documents> OpenBCI_GUI > main.py > ...
210
211     case "2":
212         os.system("cls")
213         break
214
215     case _:
216         os.system("cls")
217         print("Ingrese una opción valida.\n")
218
219
220 def main():
221     extraerDatos()
222     menu()
223
224
225 # Ejecutar programa
226 main()
227

Ln 172, Col 1 Spaces: 4 UTF-8 CRLF Python
```

## Anexo 69.- Ejecución final de programa

```

Windows PowerShell
===== Menu =====
1) Graficar ondas
2) Salir
Ingrese una opcion: 1
Ingrese el número del sujeto: 1
Ingrese el número de la semana: 1

```

### Anexo 70.- Interfaz de Usuario

ID	Actividad #1	Actividad #2	Actividad #3	Nota Final	Estado
Sujeto 1	1.85	0.50	1.75	56.4	RPB
Sujeto 2	1.50	0.50	2.00	NA	RET
Sujeto 3	2.75	0.50	2.50	59.75	APB
Sujeto 4	1.50	0.50	2.50	86.05	APB
Sujeto 5	2.00	0.50	2.50	63.8	APB
Sujeto 6	2.50	1.50	2.00	NA	RET
Sujeto 7	1.50	1.50	2.25	NA	RET
Sujeto 8	1.50	0.50	1.00	55.75	RPB

### Anexo 71.- Calificaciones Finales (Física I)